

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Les différentes phases de la procédure manuelle de désinfection | 11 |
| Tableau 2: MS Project..... | 14 |
| Tableau 3: Besoins retenus par la méthode qualitative | 18 |
| Tableau 4: Fonctions déterminées par la conversion des besoins en fonctions..... | 19 |
| Tableau 5: Fonctions déterminées par la recherche intuitive | 20 |
| Tableau 6: Caractéristiques des interacteurs | 22 |
| Tableau 7: Fonctions déterminées par l'examen d'environnement..... | 22 |
| Tableau 8: Fonctions déterminées par l'examen d'environnement..... | 24 |
| Tableau 9: Fonctions déterminées par l'examen d'environnement..... | 24 |
| Tableau 10: Job story..... | 25 |
| Tableau 11: Fonctions déterminées par la méthode de Job-To-Be-Done..... | 27 |
| Tableau 12: Fonctions utilisés dans la création de l'arbre fonctionnelle..... | 28 |
| Tableau 13: Fonctions trouvée par l'arbre fonctionnel..... | 31 |
| Tableau 14: Liste des spécifications de la McDAE..... | 35 |
| Tableau 15: Liste des fonctions complémentaires non-génératrices de spécifications | 36 |
| Tableau 16: Spécifications d'ingénierie critiques..... | 39 |
| Tableau 17: composants du Panneau de contrôle/affichage (concept1)..... | 44 |
| Tableau 18: composants du panneau de contrôle/affichage (concept2) | 45 |
| Tableau 19: Matrice Pugh | 50 |
| Tableau 20: Description des critères des concepts | 51 |
| Tableau 21 : Propriétés de l'acier allié inoxydable X2CRNIMO18-14-3 | 54 |
| Tableau 22: Propriétés volumétriques des deux composants du porte-endoscope..... | 54 |
| Tableau 23: Analyse statique du porte-crochet | 55 |
| Tableau 24: Force exercée sur le crochet | 55 |
| Tableau 25: propriétés volumétriques des composants du porte endoscope | 57 |
| Tableau 26: Analyse statique du porte-panier | 58 |
| Tableau 27: Force exercées sur l'assemblage panier..... | 59 |
| Tableau 28: Propriétés de l'acier de construction (non allié) | 61 |
| Tableau 29: Références des écrous selon le type de vis | 64 |
| Tableau 30: Caractéristiques techniques des roulements - 6202-2RS-14-C3..... | 65 |
| Tableau 31: Caractéristiques techniques du moteur JK42HS40-1704-13A | 65 |
| Tableau 33 : Caractéristiques Mécaniques du moteur JK42HS40-1704-13A..... | 66 |
| Tableau 34: Caractéristiques technique des composants du système | 67 |
| Tableau 35: Caractéristiques technique du servomoteur HSR1425R..... | 67 |
| Tableau 36: propriétés volumétriques des deux composants du porte-brosse..... | 69 |
| Tableau 37: Analyse statique du porte-brosse..... | 70 |
| Tableau 38: Force exercée sur le porte-brosse | 70 |
| Tableau 39: Liste des composants du sous-système de déplacement..... | 79 |
| Tableau 40: Liste des composants du sous-système de brossage | 79 |
| Tableau 41: Liste des composants du sous-système de fixation..... | 80 |
| Tableau 42: Liste des composants du sous-système de contrôle..... | 80 |
| Tableau 43: investissement total du projet partie mécanique | 80 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Endoscope souple..... | 9 |
| Figure 2 : Machine ultrasons | 15 |
| Figure 3: Machine Verticale | 16 |
| Figure 4: Machine Horizontale..... | 16 |
| Figure 5 : Examen d'environnement de la machine McDAE | 21 |
| Figure 6: Arbre fonctionnel..... | 30 |
| Figure 7: Structure fonctionnelle de la machine par sous-systèmes..... | 36 |
| Figure 8: Configuration physique de la machine par sous-systèmes..... | 37 |
| Figure 9: QFD de la McDAE | 38 |
| Figure 10: Vérin sans tige à vis Trapézoïdale | 39 |
| Figure 11: Vérin sans tige à courroie crantée | 40 |
| Figure 12: Brosse à système engrenage..... | 41 |
| Figure 14: Brosse à système de rotation..... | 42 |
| Figure 15: Boite de nettoyage (forme Horizontale | 42 |
| Figure 16: Boite de nettoyage (forme verticale)..... | 43 |
| Figure 17Panneau e contrôle/affichage (concept2) | 45 |
| Figure 18: Concept 1 de la McNAE | 46 |
| Figure 19 :Concept 2 de la McNAE | 47 |
| Figure 20 :Concept 3 de la McNAE | 48 |
| Figure 21 : Concept 4 de la McNAE..... | 49 |
| Figure 22: Assemblage panier-Analyse statique 1-Contraintes- | 60 |
| Figure 23: courbes de flambement selon le type de vis..... | 63 |
| Figure 24: Dessin de l'écroue..... | 64 |
| Figure 25: Assemblage porte brosse-Analyse statique 1 -Contraintes1 | 71 |
| Figure 26 : schéma numérique par solidworks du mécanisme brossage/déplacement..... | 72 |
| Figure 27: Représentation graphique des liaisons du mécanisme brossage/déplacement | 73 |
| Figure 28: schéma cinématique fermée du mécanisme brossage/déplacement..... | 73 |
| Figure 29: Logigramme du fonctionnement de la partie brossage | 75 |
| Figure 30 : Logigramme du fonctionnent de la partie nettoyage..... | 76 |
| Figure 31 : Logigramme global du fonctionnement de la McDAE..... | 77 |
| Figure 32: Business Model Canvas | 85 |

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Remerciement | 3 |
| Résumé | 4 |
| Liste des tableaux | 5 |
| Liste des figures | 6 |
| Introduction générale | 5 |
| Chapitre 1 : Recherche des opportunités | 8 |
| I. Entreprise..... | 8 |
| 1. Présentation | 8 |
| 2. Secteur d'activité | 8 |
| 3. Gamme de produits..... | 8 |
| II. Endoscopie | 9 |
| III. Endoscope..... | 9 |
| IV. Contexte du projet | 9 |
| V. Etat actuel | 10 |
| VI. La problématique..... | 12 |
| VII. Objectif de projet..... | 13 |
| VIII. MS Project..... | 13 |
| IX. Recherche des opportunités | 15 |
| 1. Première opportunité | 15 |
| 2. Deuxième opportunité | 16 |
| 3. Troisième opportunité | 16 |
| Synthèse..... | 16 |
| Chapitre 2 : Architecture fonctionnelle | 17 |
| I. Clients..... | 17 |
| II. Recherche du besoin fondamental..... | 17 |
| 1. Identification des besoins | 18 |
| III. Identification des fonctions | 18 |
| 1. La conversion des besoins en fonctions : | 19 |
| 2. Méthode RESEAU | 19 |
| 3. Job-to-be-done..... | 24 |
| IV. Création de l'arbre fonctionnel..... | 27 |
| Synthèse : | 32 |
| Chapitre 3 : Etude conceptuelle | 33 |

| | | |
|------|--|-----------|
| I. | Cahier de charge fonctionnel..... | 33 |
| 1. | Tableau des spécifications..... | 33 |
| 2. | Note à la conception..... | 36 |
| II. | Structure fonctionnelle..... | 36 |
| III. | Configuration physique..... | 37 |
| IV. | Pondération QFD..... | 37 |
| V. | Identification des spécifications d'ingénierie critiques..... | 39 |
| VI. | Matrice morphologique :..... | 39 |
| 1. | Conception des sous-systèmes par SolidWorks :..... | 39 |
| 2. | Concepts générés :..... | 45 |
| V. | Matrice pugh :..... | 49 |
| 1. | Définition :..... | 50 |
| 2. | Application :..... | 50 |
| 3. | Analyse des résultats :..... | 50 |
| | Synthèse :..... | 51 |
| | Chapitre 4 : Analyse d'ingénierie | 51 |
| I. | Etude détaillée des sous-systèmes..... | 51 |
| 1. | Sous-système de fixation..... | 51 |
| 2. | Sous-système de déplacement..... | 60 |
| 3. | Sous-système de brossage..... | 67 |
| 4. | Présentation schématique des sous-systèmes..... | 71 |
| 5. | Remarque générale :..... | 74 |
| | Synthèse :..... | 78 |
| | Chapitre 6 : Etude économique & opportunité entrepreneurial | 79 |
| I. | Investissement du projet..... | 79 |
| 1. | Sous-système de déplacement :..... | 79 |
| 3. | Sous-système de fixation :..... | 80 |
| 4. | Sous-système de Contrôle :..... | 80 |
| 5. | Cout total :..... | 80 |
| II. | Modèle économique..... | 81 |
| 1. | Comment décrire un modèle économique ?..... | 82 |
| 2. | Qu'est-ce que le Business Model Canvas ?..... | 82 |
| 3. | Business Model Canvas du projet..... | 84 |
| | Conclusion générale & perspectives | 86 |
| | Bibliographie..... | 89 |
| | Webographie..... | 91 |
| | Table des annexes | 92 |

Introduction générale

Les endoscopes rigides ou flexibles sont très utilisés pour visualiser des objets inaccessibles dans le domaine médical. La majorité des endoscopes rigides sont thermorésistants et doivent subir un cycle complet d'autoclavage (stérilisation à la vapeur). A l'opposé, les endoscopes flexibles (couramment dénommés endoscopes souples) sont thermosensibles compte-tenu de leur conception et de leur composition (ne supportent pas des températures supérieures à 60°C°).

L'endoscopie flexible est utilisée afin de visualiser les voies respiratoires, le cœur, le système digestif et les voies urinaires. Ces gestes diagnostiques et/ou thérapeutiques ne sont pas dénués de risques pour les patients, risques liés au geste lui-même, mais également à l'utilisation de matériels réutilisables, en raison de la nature de la technique (l'endoscope flexible est en contact permanent avec les muqueuses, les sécrétions et excréctions corporelles ainsi qu'avec le sang). Il existe de ce fait un risque de transmission d'infections.

Les complications infectieuses peuvent être d'origine endogène ou exogène :

- Les infections endogènes surviennent en particulier lors du passage systémique de microorganismes tapissant la muqueuse gastro-intestinale au décours de procédures avec dilatation, effraction volontaire (biopsie...) ou involontaire (érosion, ulcération...). Ces infections sont donc issues de la propre flore des patients.
- Les infections exogènes surviennent lorsque des microorganismes sont introduits dans l'organisme du patient par l'endoscope souple ou par les accessoires utilisés lors de l'intervention.

Les microorganismes acquis de façon exogène peuvent provenir d'un certain nombre de sources, notamment :

- Des erreurs dans la procédure de nettoyage /désinfection, des dysfonctionnements d'automates ou des manquements aux règles d'hygiène de base.
- De contamination de l'endoscope par l'environnement pendant le retraitement.

Pour éviter ces désinfections, l'utilisation du matériel à usage unique s'impose théoriquement. Mais réellement, ceci est impossible puisque le coût d'un seul endoscope flexible dépasse 200 000 MAD. Ainsi, la seule solution réalisable pour éviter tout risque de contamination reste la désinfection très rigoureuse de l'endoscope après chaque utilisation.

En fait, les procédures de nettoyage et de désinfection de l'endoscope souple ont évolué considérablement au cours des 20 dernières années, et sont devenues des actes de grande technicité encadrés par corpus réglementaire relayé par de nombreuses recommandations nationales et internationales. Pratiquement, trois procédures de traitement des endoscopes sont possibles : procédure manuelle, automatisé et semi-automatique (nettoyage manuel et désinfection automatique).

De plus, il existe sur le marché un grand nombre de machines automatiques et semi-automatiques pour le traitement des endoscopes flexibles, à titre d'exemple, MERIT-9000 Deluxe. Le terme automatique n'implique pas que le traitement complet soit entièrement pris en charge par ces machines, qui en général ne réalisent pas un nettoyage équivalent aux procédures manuelles (inexistence de la partie brossage qui est une phase importante dans la désinfection d'endoscope).

Au niveau de la ville de Fès, le CHU Hassan II fait recours essentiellement à la procédure manuelle pour nettoyage de l'endoscope, alors que la procédure semi-automatique reste dans la plupart du temps non-utilisable à cause de plusieurs problèmes techniques. Quant au secteur privé, la procédure manuelle reste la seule technique utilisée.

Le problème de la désinfection manuelle des endoscopes réside dans le fait que l'intervention du facteur humain durant l'opération de nettoyage-désinfection n'assure pas l'application des précautions standards, et cela pour plusieurs raisons :

- Les produits de désinfections utilisés mènent à des effets secondaires sur la santé du personnel chargé de nettoyage. Afin d'éviter ces effets secondaires, le personnel fournit le minimum d'effort, ce qui influence la qualité du nettoyage /désinfection.
- Le manque des outils de nettoyage-désinfection.

Ainsi, le traitement automatisé est souvent privilégié en raison de sa meilleure standardisation et reproductibilité. En plus, il permet de diminuer l'exposition des professionnels aux agents chimiques.

Le présent rapport s'articule autour des 5 chapitres suivants :

- Le premier sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil LIPAV, ainsi que celle de la problématique traitée, la mission, les objectifs et les opportunités de la machine de désinfection automatique d'endoscope.
- Le deuxième délimitera l'analyse fonctionnelle du projet, en faisant une identification des besoins des clients ; ensuite, les fonctions que doit accomplir la machine seront déterminées et classées dans l'arbre fonctionnel.
- Le troisième sera consacré à la rédaction du Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF), et de la Maison de Qualité (QFD) afin de déterminer les spécifications critiques indispensables pour

l'émergence et la convergence des concepts. Un concept final de la partie hydraulique sera défini à la fin de ce chapitre.

- Le quatrième portera sur le choix des composants de tous les sous-systèmes de la machine de désinfection automatique d'endoscope McDAE et de définition de logigramme qui montre le fonctionnement de cette machine.
- Le dernier chapitre présentera le modèle économique de la machine McDAE. Ce modèle permet de décrire précisément comment le projet va gagner de l'argent.

Chapitre 1 : Recherche des opportunités

Ce chapitre est consacré à la présentation de la société LIPAV, la procédure manuelle de désinfection d'endoscope selon la norme internationale et la recherche des opportunités.

I. Entreprise

1. Présentation

LIPAV est une société marocaine spécialisée dans la création et la fabrication de produits innovants servant d'alternatives, en production animale et végétale. L'entreprise a été fondée le 09 Mai 2013 sous le nom de « LIPAV », sise à Fès, sous la forme d'une société à responsabilité limitée dotée d'un capital de 1000000DH et inscrite au registre du commerce de Casablanca.

2. Secteur d'activité

La société opère dans le secteur de l'alimentation animale, son activité majeure est la production d'additifs pour produits vétérinaires servant essentiellement comme alternatives pour remplacer les antibiotiques et les agents antiparasitaires qui sont mis en cause dans plusieurs problèmes de santé animale et de santé publique pour leur toxicité, les résidus qu'ils peuvent générer dans les produits alimentaire d'origine animale et pour leur implication dans l'émergence de la résistance aux agents infectieux.

3. Gamme de produits

NP1600 : est un mélange de produits d'origine naturelle qui représente une alternative économique à l'usage d'autres additifs alimentaires : antibiotiques, anticoccidiens et fixateurs de mycotoxines

NP 1600 garantit des produits sains et sans résidus d'antibiotiques et de mycotoxines pour l'éleveur et le consommateur.

NPP : est un produit naturel possédant une activité anti-microbes et anti insectes, il remplace les pesticides chimiques, préserve l'environnement et ne présente aucun risque pour la santé humaine.

Il est d'une valeur ajoutée prouvée aux agriculteurs et il est fortement recommandé à l'agriculture bio.

NP Rumen : additif alimentaire innovant à base de substances naturelles, réduisant la production de méthane entérique chez les vaches laitières, les veaux d'engraissement, les moutons et les chèvres (de 20 à 30 %). Cette réduction est accompagnée d'une nette amélioration de la production laitière (+ 15%), de la croissance des taurillons et de la santé globale de l'animal.

II. Endoscopie

L'acte médical ne se conçoit plus sans les techniques endoscopiques qui permettent de visualiser l'intérieur des conduits ou de cavités inaccessibles à l'œil. Les actes endoscopiques s'utilisent tant pour le diagnostic que pour les interventions thérapeutiques.

Comparativement à une intervention chirurgicale, elles assurent un plus grand confort au patient : incision plus petite ou inexistance, anesthésie générale moins fréquente, et rétablissement plus rapide, absence ou réduction de la durée d'hospitalisation.

III. Endoscope

L'endoscope est un instrument doté d'une caméra permettant d'explorer l'intérieur de certains organes (figure1). Nous l'utilisons principalement lors de maladies digestives pour faire des biopsies (Voir Annexe 1 p.93). Les endoscopes sont des instruments couteux. Des restrictions budgétaires empêchent souvent l'achat de plusieurs appareils. De ce fait, la pression augmente pour réutiliser plus rapidement le même instrument.



Figure 1: Endoscope souple

IV. Contexte du projet

Etant conscient des problèmes posés par le nettoyage manuel des endoscopes, Pr. Remmal A. (Professeur en biotechnologie à l'université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès) a eu l'idée de développer une machine automatique de désinfection des endoscopes, surtout qu'il est arrivé à obtenir une poudre naturelle à base de Thym, très efficace dans la désinfection des endoscopes souples. Pr. Remmal A. a partagé son idée originale avec Pr. Aboutajeddine A. (Professeur en ingénierie mécanique et méthodes d'innovations à la Faculté des Sciences et Technique de Fès) qui a largement accepté de coopérer afin de développer une machine de désinfection automatique d'endoscope. Pour réaliser cet objectif, Pr. Aboutajeddine nous a proposé de former une équipe et de travailler sur le développement de cette machine afin de mettre en pratique tout ce qu'on apprend lors de notre cursus universitaire, et surtout pour avoir l'occasion d'innover pour le bien de la société.

V. Etat actuel

Le Centre Hospitalier Universitaire Hassan II de Fès, les cabinets privés et les cliniques marocaines utilisent les opérations de nettoyage/désinfection manuelles. La procédure manuelle consiste à éliminer les salissures par l'action physico-chimique d'un produit adapté conjuguée à une action mécanique (Voir Annexe 2 p.94). Le traitement s'effectue en 9 étapes

1. Prétraitement ;
2. Premier nettoyage ;
3. Premier rinçage ;
4. Second nettoyage ;
5. Rinçage intermédiaire ;
6. Désinfection ;
7. Rinçage terminal ;
8. Séchage ;
9. Stockage.

Le tableau ci-dessous montre les différentes phases de la procédure manuelle de désinfection.

| Phases | Objectifs | Procédure manuelle |
|---------------------------------|--|---|
| Prétraitement en salle d'examen | Eliminer les souillures | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Immédiat ⇒ Essuyage externe et aspiration insufflation des canaux. |
| Test d'étanchéité | Vérifier l'intégrité de la gaine et des canaux | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ En salle de désinfection avant toute immersion |
| Ecouvillonnage | Abaisser le niveau de contamination de l'endoscope | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Dans solution détergente ⇒ Ecouvillonnage des canaux et pistons-valves  |
| Premier nettoyage | Abaisser le niveau de contamination de l'endoscope | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Immersion complète dans solution détergente ⇒ Irrigation de tous les canaux  |

| | | |
|-----------------------|---|--|
| Premier rinçage | Eliminer les salissures et les résidus de détergent | ⇒ Eau du réseau ⇒ Irrigation de tous les canaux |
| Second nettoyage | Abaissier le niveau de contamination de l'endoscope | ⇒ Immersion complète dans une solution détergente ⇒ Irrigation de tous les canaux  |
| Rinçage intermédiaire | Eliminer les salissures et les résidus de détergent | ⇒ Eau du réseau ⇒ Irrigation de tous les canaux |
| Désinfection | Eliminer et/ ou tuer les micro-organismes pour éviter leur transmission | ⇒ Immersion complète dans solution désinfectante ⇒ Irrigation de tous les canaux Selon caractéristique produit |
| Rinçage terminal | Eliminer les résidus de désinfection | Eau bactériologiquement maitrisée ou eau pour soins standard |
| Séchage | Eliminer l'eau de rinçage | ⇒ Manuel |

Tableau 1 : Les différentes phases de la procédure manuelle de désinfection

Cependant, il existe depuis plusieurs années sur le marché un grand nombre de machines automatiques et semi-automatiques pour le traitement des endoscopes flexibles : elles assurent soit uniquement la désinfection des endoscopes et l'irrigation des canaux, soit un cycle de traitement complet incluant lavage, désinfection, rinçage et séchage des endoscopes. Le terme automatique n'implique pas que le traitement complet soit entièrement pris en charge par ces machines, qui en général ne réalisent pas un nettoyage équivalent aux procédures manuelles (inexistence de la partie brossage, ...).

Les avantages des machines automatiques sont les suivants :

- Processus de traitement standardisé (notamment pour les temps de contact avec le désinfectant) ;
- Réduction de la charge de travail ;
- Réduction de l'exposition du personnel hospitalier à des désinfectants chimiques toxiques tel que les aldéhydes et au risque infectieux.

VI. La problématique

La technique de l'endoscopie s'est considérablement développée dans de nombreuses disciplines médicales, faisant appel à du matériel de plus en plus sophistiqué et performant.

Cependant, si l'endoscope présente de nombreux avantages pour le patient, elle n'est pas un acte dépourvu de risques. Pendant leur stockage et surtout au moment de leur utilisation, les endoscopes et leurs accessoires subissent une contamination microbiologique majorant le risque de transmission d'une infection.

Les causes d'infection les plus fréquemment rencontrées liées à l'endoscopie digestive sont presque toujours reliées à des erreurs dans la procédure de nettoyage, ce qui rend cette procédure une étape cruciale pour la réutilisation des endoscopes. Même si les circonstances locales, la formation et les ressources peuvent varier entre hôpitaux, cliniques et cabinets, les précautions standards en désinfection doivent toujours être maintenues.

La procédure mise en place pour l'opération du nettoyage-désinfection n'assure pas l'application de ces précautions standards, et cela pour plusieurs raisons :

- Les produits de désinfection utilisés mènent à des effets secondaires sur la santé des personnes chargés de nettoyage ce qui implique la non-application de la procédure de traitement selon les recommandations relatives à la désinfection des endoscopes ;
- Manque des outils de travail ;
- Utilisation de matériel de nettoyage non adapté ;
- L'état de morale des infirmiers influence la qualité de travail ;
- Manque de contrôle et de suivi.

De plus, plusieurs limites et inconvénients peuvent être liés à l'emploi des machines automatiques :

- Nécessité de procéder à un nettoyage manuel minutieux et notamment au brossage et au rinçage des canaux même avant l'utilisation des systèmes "automatiques" ;
- Conception parfois inadéquate ne permettant pas l'irrigation et donc la désinfection de tous les canaux des endoscopes. ;
- Conception parfois inadéquate entraînant une ré-contamination par des bactéries pathogènes opportunistes colonisant, en particulier, le circuit de rinçage ;
- Coût de l'investissement initial, de l'achat des produits recommandés par le fabricant, ainsi que de l'entretien du système automatique.

VII. Objectif de projet

Vu la contrainte du temps l'étude sera focaliser dans un premier temps sur la réalisation d'une machine automatisée (inclue la partie de brossage) pour les endoscopes utilisés dans le service pneumologie.

VIII. MS Project

Les étapes nécessaires à la réalisation de la machine **McDAE** sont représentées dans le temps dans le tableau ci-dessous :

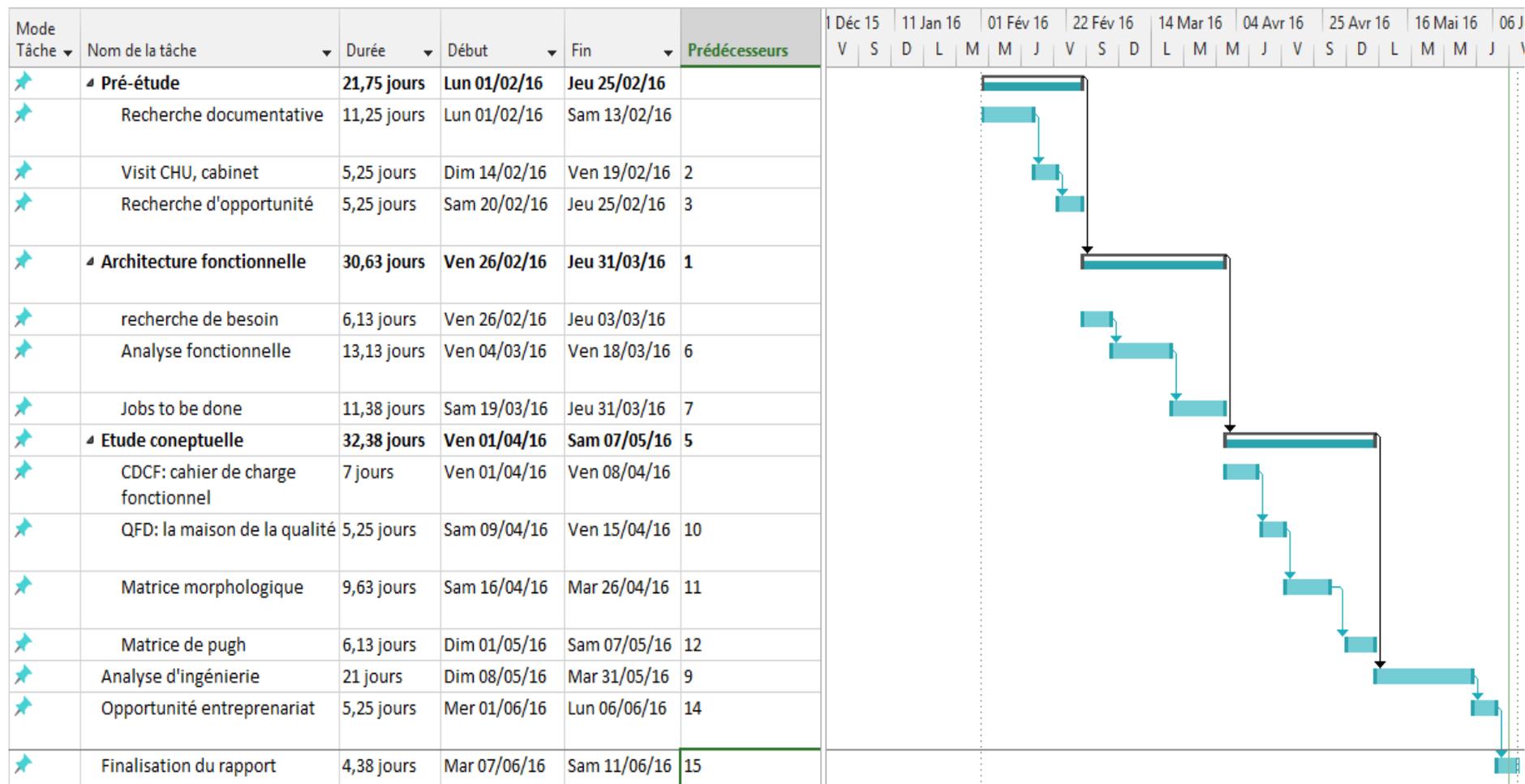


Tableau 2: MS Project

IX. Recherche des opportunités

L'équipe du projet a procédé à un brainstorming afin de proposer des solutions initiales de la conception de la machine et les évaluer pour attaquer l'étude. Plusieurs modes de fonctionnements ont été trouvés. Trois modes ont été retenues :

- Une machine ultrasonique ;
- Une machine verticale de désinfection automatique d'endoscope souple ;
- Une machine horizontale de désinfection automatique d'endoscope souple.

1. Première opportunité

Il s'agit d'une machine ultrasonique composé de deux sous-systèmes :

- Sous système d'ultrason

On plonge l'endoscope dans un bain à ultrason qui est composé d'une cuve contenant un liquide nettoyant (désinfectant). Sur les parois ou au fond de la cuve, le transducteur génère des ondes sonores successives à très haute fréquence qui provoque des turbulences au niveau de l'endoscope à fin d'enlever des souillures ou débris des zones difficiles à atteindre.

- Sous système hydraulique

Le rôle de ce sous-système est de désinfecter les orifices intérieurs d'endoscope.

Ce concept peut engendrer des endommagements au niveau des fibres optiques constituant l'endoscope à cause de la haute fréquence générer par le transducteur.

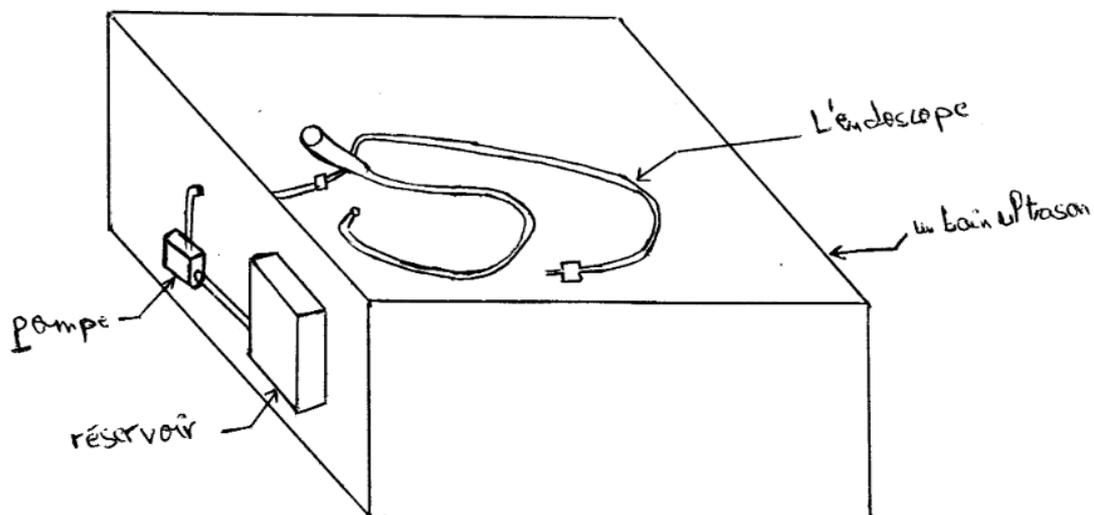


Figure 2 : Machine ultrasons

2. Deuxième opportunité

Ce concept permet de contenir l'endoscope d'une façon verticale. Il est composé d'un sous-système de brossage extérieur qui consiste à déplacer la brosse tout au long du tube d'insertion d'endoscope pour se débarrasser des salissures et d'un sous-système hydraulique qui permet l'irrigation des produits dans les canaux et l'arrosage des parois extérieurs d'endoscope.

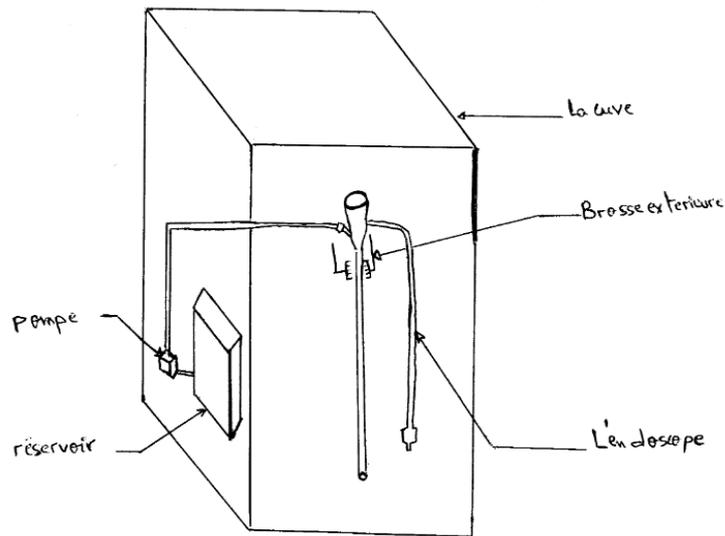


Figure 3: Machine Verticale

3. Troisième opportunité

On place l'endoscope dans son circuit dans la cuve de forme horizontale. Le nettoyage s'effectue par le même système de brossage (voir la deuxième opportunité) ainsi le même système hydraulique.

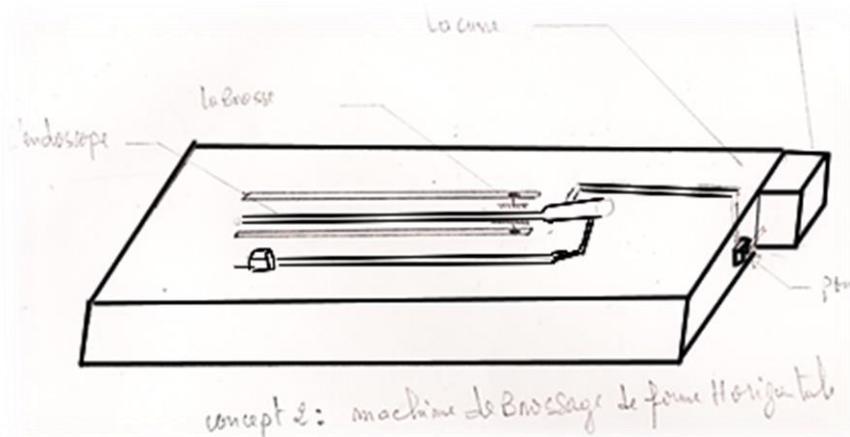


Figure 4: Machine Horizontale

Synthèse

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la société LIPAV et de la procédure manuelle de désinfection d'endoscope selon la norme internationale, ainsi de la recherche des opportunités.

Chapitre 2 : Architecture fonctionnelle

Dans ce chapitre, les besoins du client seront identifiés et arrangés par affinité ; ensuite, les fonctions que doit accomplir la machine seront déterminées et classées dans l'arbre de structure fonctionnelle, afin d'élaborer le **CdCF** dans le prochain chapitre.

I. Clients

Dans tout projet de développement, il est très important de bien comprendre les besoins et les attentes des futurs clients du produit conçu. Le principal client du projet **McDAE** est le Centre Hospitalier Universitaire Hassan II de Fès.

II. Recherche du besoin fondamental

On définit les éléments qui constituent l'environnement du produit en s'interrogeant sur :

- L'utilisation qui en est faite : « à quoi, à qui le produit sert-il ? »
- Sa finalité : « quel est son but ? »
- L'incidence et les effets générés : « sur qui, sur quoi le produit agit-il ? »

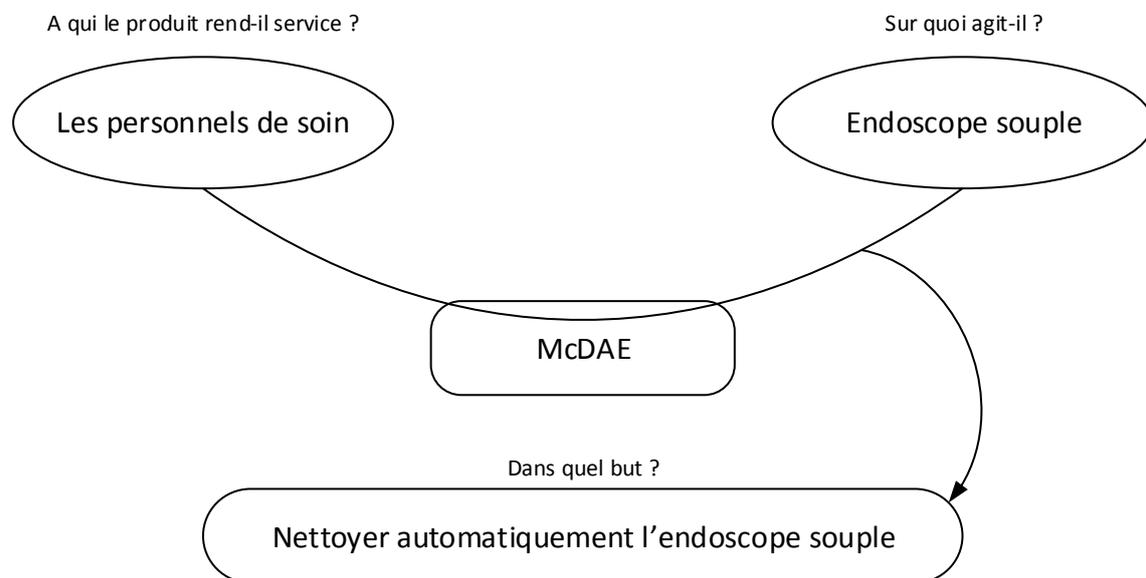


Figure 4 : Diagramme Bête-à-corne définissant le besoin ou la fonction d'usage

1. Identification des besoins

Afin d'établir la liste des besoins qui serviront à élaborer les bases de la **McDAE**, les études qualitatives qui cherchent à découvrir l'importance du produit pour le client ont été utilisées.

Les deux méthodes qualitatives utilisées sont :

- Une entrevue avec **Pr. Remmal A.**, pour décrire ses besoins relatifs à la machine.
- Un focus groupe qui a été réalisé avec les clients (les techniciens/ infirmiers de CHU, les infirmiers d'un cabinet privé d'un Hépatogastro-entérologue et les médecins de Centre Hospitalier Universitaire Hassan II de Fès) afin de préciser leurs besoins relatifs au produit (**Tableau 2**).

Tous les besoins ont été pondérés de 1 à 5 et identifiés selon leur classe. Une pondération de 1 correspond à un besoin qui a peu d'importance relative pour le client. De plus, les classes de besoin sont les suivantes : Base (B), Performance (P) et Contrainte (C).

| N° | Besoin | Pondération | Kano |
|------------|--|-------------|-------------|
| B1 | Est sécuritaire | - | Base |
| B2 | Peut être entretenu facilement par les techniciens | - | Base |
| B3 | Est peu couteux | 5 | Contrainte |
| B4 | Nettoyer rapidement (comparable au nettoyage manuel) | 3 | Performance |
| B5 | Réduire le contact direct entre les personnels de soins et les produits lessiviels | - | Base |
| B6 | Conforme aux normes | 3 | Contrainte |
| B7 | Utilise les sources électriques du local | 2 | Contrainte |
| B8 | Possible d'interrompre et de reprendre le nettoyage | 5 | Performance |
| B9 | Ergonomique | - | Base |
| B10 | Efficacité de nettoyage/désinfection | - | Base |
| B11 | Réglable | - | Performance |

Tableau 3: Besoins retenus par la méthode qualitative

III. Identification des fonctions

Une fois les besoins du client sont clairement identifiés, il faut déterminer les fonctions indispensables de la machine pour répondre à ces besoins. Les fonctions de la machine ont été trouvées à l'aide de la méthode RESEAU et de la conversion des besoins. La formulation des fonctions est très primordiale pour ne pas générer des fonctions d'usage qui amènent à un niveau i-souhaitable de complexité des concepts.

La démarche fonctionnelle oblige à poser les véritables questions sur les attentes objectives ou subjectives des futurs utilisateurs ainsi que toutes les contraintes de l'environnement ou des règlements à respecter.

1. La conversion des besoins en fonctions :

L'analyse du besoin et sa traduction sous la forme de fonctions n'est pas limitée au fonctionnement et à l'usage du produit. Elle comprend également toutes les motivations du client-utilisateur, même les plus subjectives. Habituellement, la reformulation des expressions sous la forme (verbe d'action/ d'état, complément) permet d'obtenir les fonctions. Lorsque la formulation des fonctions est faite, il est très important de différencier les fonctions d'usage (souvent un verbe d'action), ou d'estime (souvent un verbe d'état), les fonctions de contrainte (verbe d'action ou d'état) et les fonctions techniques. Le tableau ci-dessous présente la liste des fonctions déterminées par la conversion des besoins en fonctions.

| N° | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|-----|--|---------|------------|-------------|
| F1 | Garantir la sécurité des utilisateurs | Besoin | Usage | Base |
| F2 | Etre réparable facilement | Besoin | Estime | Performance |
| F3 | Nettoyer rapidement | Besoin | Usage | Performance |
| F4 | Faciliter la mise en œuvre de la procédure de désinfection | Besoin | Estime | Performance |
| F5 | Optimiser la procédure globale de traitement sans omettre ou dupliquer une ou plusieurs étapes | Besoin | Estime | Performance |
| F6 | Eliminer le contact direct entre l'infirmier et le produit désinfectant | Besoin | Contrainte | Base |
| F7 | Permettre l'utilisation de l'alimentation (électrique/ réseau de l'eau) disponible | Besoin | Contrainte | Contrainte |
| F8 | Interrompre le cycle dans le cas de dysfonctionnement | Besoin | Technique | Performance |
| F9 | Avoir une procédure qui respecte l'ergonomie | Besoin | Contrainte | Contrainte |
| F10 | Nettoyer efficacement | Besoin | Usage | Base |
| F11 | Appliquer les différentes étapes du traitement des endoscopes souples | Besoin | Usage | Base |
| F12 | Eliminer les erreurs de procédure dans l'entretien des endoscopes | Besoin | Usage | Base |
| F13 | Respecter l'ordre des phases (nettoyage, désinfection...) | Besoin | Contrainte | Base |
| F14 | Respecter le temps nécessaire pour chaque étape de procédure | Besoin | Contrainte | Base |
| F15 | Déplacer la brosse tout au long de l'endoscope | Besoin | Technique | Base |

Tableau 4: Fonctions déterminées par la conversion des besoins en fonctions

2. Méthode RESEAU

Afin de trouver les autres fonctions du produit, la méthode RESEAU a été utilisée. Il s'agit d'une méthode permettant d'identifier, d'une façon exhaustive et dans un temps minimum, les fonctions à satisfaire par un produit. Elle comporte six phases, chacune d'elles permet de déceler une partie des fonctions. L'ensemble des fonctions résulte de la somme des six phases :

1. Recherche intuitive ;
2. Examen d'environnement ;
3. Sequential Analysis of Functional Elements (SAFE);
4. Examen des mouvements et des efforts ;
5. Analyse d'un produit de référence ;
6. Utilisation des normes et des règlements.

Les 4 phases qui ont été les plus adaptées à ce projet sont : la recherche intuitive, examen d'environnement, SAFE et utilisation des normes.

2.1. Recherche intuitive :

Commençons par l'examen détaillé de la première phase, la recherche intuitive. Comme son nom l'indique, cette phase fait appel à l'intuition, recherche spontanée ressemblant à un brainstorming pratiqué. La recherche intuitive a le mérite de placer le groupe en situation assez rapidement car tous les participants du groupe de travail recherchent les fonctions dans toutes les directions. Ces approches multidirectionnelles permettent de situer le produit sous différents éclairages. Cela aide à la mise en condition psychologique, étape nécessaire à la bonne compréhension du problème posé.

| N° | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|-----|--|-----------|------------|-------------|
| F16 | Ajouter les produits lessiviels | Intuitive | Technique | Base |
| F17 | Contrôler les quantités des produits lessiviels | Intuitive | Technique | Performance |
| F18 | Permettre l'alimentation en produits lessiviels | Intuitive | Estime | Base |
| F19 | Permettre l'évacuation des produits usés | Intuitive | Technique | Base |
| F20 | Utilisé une source d'électricité standard | Intuitive | Technique | Performance |
| F21 | Utiliser l'installation d'eaux de réseaux | Intuitive | Technique | Performance |
| F22 | Protéger l'utilisateur contre les effets négatifs des produits lessiviels | Intuitive | Contrainte | Base |
| F23 | Indiquer le niveau des produits stockés dans les réservoirs | Intuitive | Technique | Performance |
| F24 | Indiquer l'état de la machine (en marche, en attente, erreur) | Intuitive | Technique | Performance |
| F25 | Déplacer la machine | Intuitive | Usage | Performance |
| F26 | Nettoyer divers types d'endoscopes | Intuitive | Usage | Performance |
| F27 | Faire le cycle de nettoyage complet (pareil à celui manuel) | Intuitive | Usage | Base |
| F28 | Evacuer la vapeur des produits lessiviels | Intuitive | Technique | Performance |
| F29 | Faciliter la mise en œuvre de la procédure de désinfection | Intuitive | Estime | Performance |
| F30 | Eliminer les erreurs dans la procédure de nettoyage/ désinfection | Intuitive | Usage | Contrainte |
| F31 | Contenir l'endoscope | Intuitive | Usage | Base |
| F32 | Eliminer le contact direct entre le personnel de soin et le produit désinfectant | Intuitive | Usage | Base |
| F33 | Contrôler la qualité de nettoyage | Intuitive | Technique | Performance |
| F34 | Respecter les réglementations et les recommandations qui ont été émises par les autorités sanitaires | Intuitive | Usage | Base |

Tableau 5: Fonctions déterminées par la recherche intuitive

2.2.Examen d'environnement

Un produit n'est jamais indépendant de son environnement, et dans la plupart des cas le produit doit s'adapter à son environnement. Cependant, il existe des cas où l'environnement doit s'adapter au produit, notamment si ce dernier prend une position prépondérante dans son nouvel environnement.

La méthode d'examen d'environnement consiste à trouver tous les éléments, personnes ou systèmes qui vont interagir avec la machine **McDAE**. Une fois que la quasi totalité des interacteurs pouvant faire partie de l'étude ont été identifiés, il est important de les préciser, et d'en faire ressortir les caractéristiques.

Par la suite, on peut écrire toutes les actions que le produit devra effectuer (ou fonctions) en lien avec ces interacteurs .

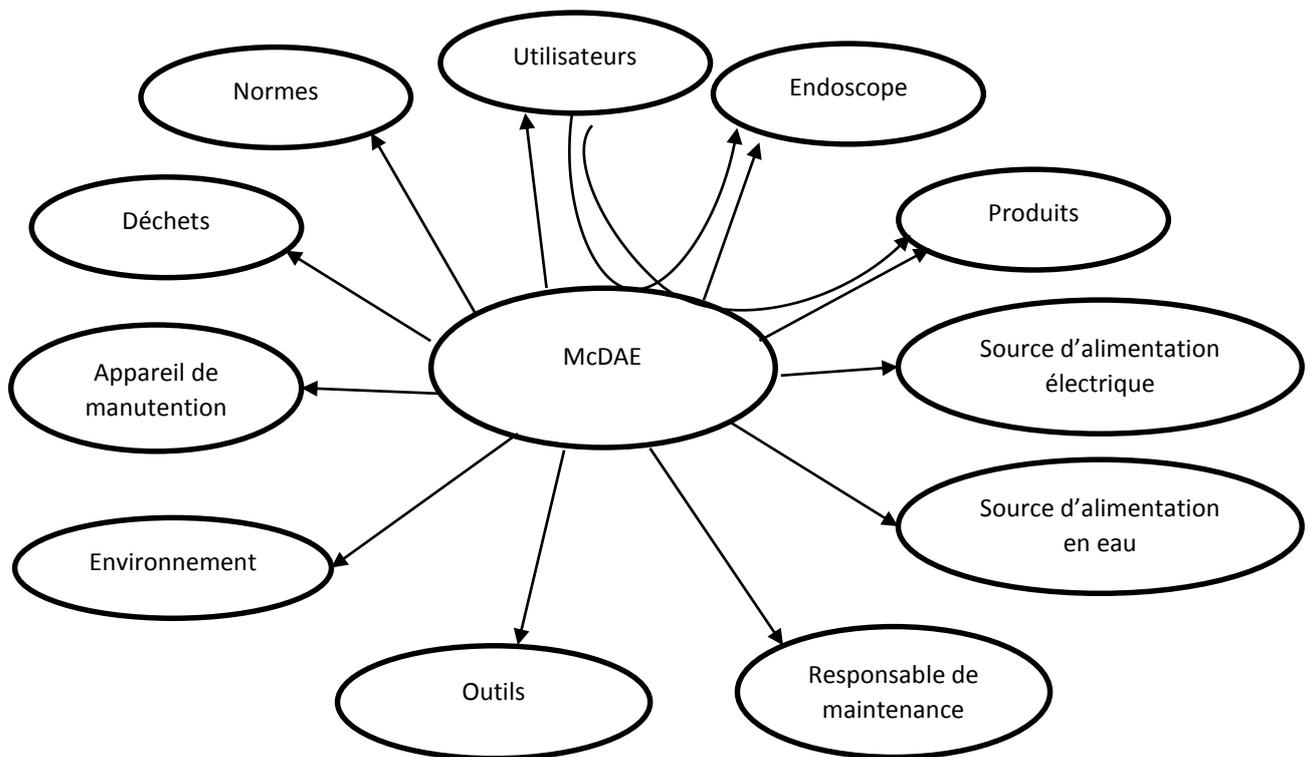


Figure 5 : Examen d'environnement de la machine McDAE

| Intérateurs | Caractéristiques |
|------------------------------|--|
| Utilisateurs | Infirmiers, personnels de soins, médecins... |
| Endoscopes | Types, dimensions, accessoires... |
| Produits lessiviels | Détergent, désinfectant, eau, l'alcool |
| Déchets | Eau usée, produits lessiviels après utilisation... |
| Source d'énergie électrique | Alimentation électrique de local |
| Source d'alimentation en eau | Réseau d'eau local |
| Appareil de manutention | Chariot... |
| Outils | Brosse, les pièces de rechanges... |
| Normes | Règlementation internationale de la santé |
| Environnement | Sale de traitement... |
| Responsable de maintenance | Technicien, Age variable. |

Tableau 6: Caractéristiques des interacteurs

Afin de trouver les fonctions que le produit doit satisfaire vis-à-vis des éléments de l'environnement, il est recommandé de procéder en deux phases :

- Rechercher les fonctions d'adaptation du produit à un élément, et réciproquement.
- Recherche les fonctions qui résultent de l'interaction de deux ou plusieurs éléments à travers le produit.

| N° | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|-----|---|---------------|------------|-------------|
| F35 | Faciliter la manipulation de la machine | Environnement | Usage | Performance |
| F36 | Protéger l'utilisateur contre les effets négatifs des produits lessiviels | Environnement | Contrainte | Base |
| F37 | Réduire les charges | Environnement | Estime | Performance |
| F38 | Adapter la machine à l'ergonomie de l'utilisateur | Environnement | Estime | Contrainte |
| F39 | Permettre la visualisation de la zone de nettoyage | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F40 | Faciliter l'insertion de l'endoscope dans la machine | Environnement | Technique | Performance |
| F41 | Permettre de retirer facilement l'endoscope | Environnement | Technique | Performance |
| F42 | Faciliter l'alimentation de la machine par les produits lessiviels | Environnement | Usage | Performance |
| F43 | Nettoyer l'endoscope | Environnement | Usage | Base |
| F44 | Eviter l'altération de l'endoscope | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F45 | Adapter la machine au nettoyage de différents types d'endoscope | Environnement | Estime | Performance |
| F46 | Contenir la solution | Environnement | Usage | Performance |
| F47 | Contrôler la quantité des produits | Environnement | Technique | Performance |
| F48 | Circuler les produits lessiviels dans la machine | Environnement | Technique | Base |
| F49 | Résister contre la corrosion chimique | Environnement | Usage | Contrainte |
| F50 | Contrôler la température des produits | Environnement | Technique | Performance |
| F51 | Contrôler la concentration des produits | Environnement | Technique | Performance |
| F52 | Utiliser une source d'alimentation conventionnelle | Environnement | Technique | Contrainte |
| F53 | Utiliser une canalisation adaptée à celle de réseau | Environnement | Usage | Base |
| F54 | Faciliter l'entretien | Environnement | Estime | Performance |
| F55 | Faciliter le montage et le démontage de la machine | Environnement | Estime | Performance |

Tableau 7: Fonctions déterminées par l'examen d'environnement

| | | | | |
|------------|---|---------------|------------|-------------|
| F56 | Permettre l'installation dans le local de nettoyage/ désinfection | Environnement | Estime | Contrainte |
| F57 | Isoler les vibrations | Environnement | Technique | Contrainte |
| F58 | Limiter le niveau de bruits | Environnement | Technique | Contrainte |
| F59 | Permettre le transport facile de la machine | Environnement | Estime | Performance |
| F60 | Minimiser le poids | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F61 | Avoir une dimension qui facilite la manutention de machine | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F62 | Evacuer les produits usés | Environnement | Technique | Performance |
| F63 | Respecter les normes | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F64 | Communiquer les informations de fonctionnement à l'utilisateur | Environnement | Technique | Innovation |

2.3. Méthode SAFE

SAFE est une méthode américaine nommée Analyse des Séquences des Eléments Fonctionnels. Elle a été imaginée dans le but de rechercher les fonctions d'un produit à travers l'étude des séquences des phases de son cycle de vie. L'analyse des séquences consiste à identifier toutes les opérations qui ont un rapport direct avec l'usage du produit, et pour chacune d'elles à rechercher les fonctions qui s'y rapportent. En d'autres termes, il s'agit de se mettre à la place de l'utilisateur, de tenir également compte de l'environnement au moment où il utilise le produit, et de rechercher quelles sont les fonctions à remplir durant cette période.

| N° | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|------------|---|---------|-----------|-------------|
| F65 | Permettre l'ouverture/ fermeture facile de la porte de la machine | SAFE | Estime | Performance |
| F66 | Posséder un panneau de commande | SAFE | Technique | Innovation |
| F67 | Recevoir les consignes de l'utilisateur | SAFE | Usage | Innovation |
| F68 | Minimiser le temps de préparation de la machine | SAFE | Estime | Performance |
| F69 | Faciliter la préparation de la machine | SAFE | Estime | Performance |
| F70 | Faciliter l'emplacement de l'endoscope dans la machine | SAFE | Estime | Performance |
| F71 | Bloquer la porte au cours de cycle | SAFE | Technique | Innovation |
| F72 | Mesurer le niveau des produits lessiviels | SAFE | Technique | Performance |
| F73 | Indiquer les niveaux des produits lessiviels | SAFE | Technique | Innovation |
| F74 | Permettre de choisir le type de nettoyage/ désinfection recommander | SAFE | Usage | Performance |
| F75 | Indiquer l'état de la machine | SAFE | Technique | Performance |
| F76 | Indiquer l'absence des produits lessiviels | SAFE | Technique | Innovation |
| F77 | Faciliter le suivi (afficher les paramètres de nettoyage/ désinfection) | SAFE | Usage | Innovation |
| F78 | Interrompre et reprendre le cycle | SAFE | Technique | Performance |
| F79 | Indiquer l'apparition d'une erreur | SAFE | Technique | Performance |
| F80 | Indiquer la fin du cycle | SAFE | Technique | Performance |
| F81 | Auto-désinfecter la machine | SAFE | Usage | Performance |
| F82 | Sauvegarder les paramètres du cycle | SAFE | Technique | Innovation |
| F83 | Fournir une fiche de contrôle après la fin du cycle | SAFE | Technique | Innovation |
| F84 | Permettre la visualisation de la procédure de nettoyage | SAFE | Estime | Contrainte |
| F85 | Contrôler la position de la brosse | SAFE | Technique | Performance |
| F86 | Limiter les courses | SAFE | Technique | Performance |

Tableau 8: Fonctions déterminées par l'examen d'environnement

2.4. Utilisation des normes

Les normes internationales offrent des avantages sur le plan technique et économique. Elles contribuent à harmoniser les spécifications techniques des produits et des services permettant ainsi de renforcer l'efficacité de l'industrie, et d'éliminer les obstacles au commerce international. Concernant les endoscopes, les recommandations de la SFED devraient être suivies.

| No | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|-------------|--|---------|------------|------------|
| F88 | Vérifier l'imperméabilité et les blocages d'air | Normes | Usage | Base |
| F89 | Faire un test d'étanchéité | Normes | Usage | Base |
| F90 | Enlever toutes les salissures et éliminer les souillures | Normes | Usage | Base |
| F91 | Immerger l'endoscope par un détergent avec l'eau du réseau | Normes | Usage | Base |
| F92 | Irriguer tous les canaux | Normes | Usage | Base |
| F93 | Nettoyer toutes les surfaces avec une action mécanique (brosser) | Normes | Usage | Base |
| F94 | Éliminer les salissures et les résidus de détergent | Normes | Usage | Base |
| F95 | Rincer l'endoscope et les valves | Normes | Usage | Base |
| F96 | Immerger l'endoscope et irriguer tous les canaux | Normes | Usage | Base |
| F97 | Jeter l'eau de rinçage après chaque utilisation | Normes | Usage | Base |
| F98 | Détruire ou inactiver les micro-organismes portés par l'endoscope pour éviter leur transmission | Normes | Usage | Base |
| F99 | Immerger l'endoscope et les valves dans une solution désinfectante | Normes | Usage | Base |
| F100 | Irriguer tous les canaux jusqu'à élimination complète de l'air | Normes | Usage | Base |
| F101 | Enlever la solution détersive | Normes | Usage | Base |
| F102 | Éliminer toute trace d'humidité qui pourrait favoriser le développement de micro-organismes en milieu humide | Normes | Usage | Base |
| F103 | Résister aux chocs mécaniques | Normes | Technique | Contrainte |
| F104 | Résister à la collision | Normes | Technique | Contrainte |
| F105 | Respecter les normes liées aux dispositifs médicaux | Normes | Contrainte | Contrainte |

Tableau 9: Fonctions déterminées par l'examen d'environnement

3. Job-to-be-done

Le Jobs-To-Be-Done est une méthode très productive pour l'analyse du produit, la plupart des développeurs des produits segmentent le marché par la démographie des clients ou les caractéristiques des produits et différencient leurs produits en créant des valeurs et des fonctions, mais le client à une

vision différente du marché, il a simplement une tâche (travail) à effectuer et il cherche à louer et embaucher le meilleur produit ou service pour le faire.

La présente méthode s'appuie sur la compréhension du travail que le client cherche à réaliser. Ça ne permet pas uniquement de faire ce travail ou de résoudre les problèmes que le client cherche à résoudre, elle est également une méthode d'analyse des solutions potentielles.

Le tableau ci-dessous présente l'une des manières d'appliquer la méthode Jobs-To-Be-Done afin de déterminer le problème et le travail qui cherche nos clients à résoudre et à réaliser en déterminant trois facteurs : la situation, le problème à résoudre et les objectifs à atteindre.

| Situation | Needs/ motivation | Goal/ Expécted Outcome |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| When(Quand) | I Want to (Je veux) | So I can (Donc, je peux) |
| Après L'endoscopie | Nettoyer/ désinfecter l'endoscope | Pour le réutiliser ou le stocker |
| Après 12h de stockage de l'endoscope | Désinfecter l'endoscope | Pour l'utiliser |

Tableau 10: Job story

3.1.Job mapping for « nettoyer/ désinfecter l'endoscope souple »

Le job mapping est la détermination objective de la taille du Job sur la base du savoir-faire requis (connaissances et compétences), la complexité des problèmes et des responsabilités. C'est l'Analyse comparative des Jobs aux descriptions d'emploi standard, reflétant les spécificités du projet.

- **Define (Définir) : Déterminer leurs objectifs et les ressources utilisés**

Estimer la situation par la définition du programme du jour :

- Il faut connaître le nombre et le type des endoscopes à utiliser dans la même journée ;
- Il faut vérifier la disponibilité des ressources nécessaires pour l'exécution du job (matériels de protection, détergent, désinfectant...) ;

Après l'acte endoscopique, il faut connaître :

- Le risque infectieux de l'acte endoscopique ;
- Le type de l'endoscope ;
- Si la réutilisation de l'endoscope sale est immédiate (après le nettoyage) ou après stockage.

- **Locate (Sélectionner et collecter) : Rassembler les éléments et les informations nécessaires pour faire le travail.**

Sélectionner les informations :

- Le nombre et le type des endoscopes à utiliser dans la même journée ;
- La disponibilité des ressources nécessaire pour l'exécution du job (matériels de protection, détergent, désinfectant...) ;
- Le risque infectieux de l'acte endoscopique ;
- Le type de l'endoscope ;
- La réutilisation de l'endoscope sale après le nettoyage est immédiate ou après stockage.

- **Prepare (Préparer) : Préparer l'environnement pour faire le travail**

Préparer les matériels de nettoyage/désinfection d'endoscope :

- La brosse ;
- Flacon laveur ;
- Bac de transport mobile ;
- Bac de nettoyage ;
- Bac de désinfection ;
- Bac pour le rinçage terminal.

Port des équipements de protection :

- Gants chimiquement résistants ;
- Lunette à protection latérale ;
- Masque de protection contre les vapeurs de solution désinfectante ;
- Blouse à manches longues.

Préparer les quantités (l'eau, détergent, produit désinfectant ...) :

- Remplir le bac de nettoyage (l'eau, détergent) ;
- Remplir le bac de désinfection (l'eau, désinfectant) ;
- Remplir le Bac pour le rinçage terminal (l'eau de réseau maîtrisée).

Préparer l'endoscope à nettoyer (fermer les valves ...).

- **Confirm (Confirmer) : Vérifier que l'environnement est prêt pour exécuter le travail**

Vérifier la validité des étapes précédentes.

- **Execute (Exécuter) : Effectuer le travail**

Pré-désinfection :

- Désinfection (l'eau, désinfectant) ;
- Rinçage final (l'eau de réseau maîtrisée) ;
- Séchage ;

Désinfection :

- Nettoyage ;
- Rinçage ;
- 2eme nettoyage (spécifique pour les endoscopes à risque ATNC) ;
- 2eme rinçage (spécifique pour les endoscopes à risque ATNC) ;
- Désinfection ;
- Rinçage terminal ;
- Séchage.
- **Monitor (Contrôler) : Contrôler si le travail est en cours d'exécution correcte**
- Contrôler le déroulement d'exécution des étapes de pré-désinfection et de désinfection ;
- Contrôler les paramètres de lavage (temps, ordre de phase, les quantités des produits...)

- Contrôler l'eau de rinçage final après l'exécution de nettoyage afin de s'assurer de la qualité de nettoyage.
- **Modify (Modifier) : Faire des modifications afin d'exécuter correctement le travail**
- Refaire le cycle si l'une des étapes n'est pas faite correctement ;
- Modifier l'un des paramètres de lavage (pression, quantité...) lors de cycle de nettoyage.
- **Conclude (Conclure) : Terminer le travail et se préparer à le répéter**
- Réutiliser l'endoscope immédiatement après le nettoyage/ désinfection, ou bien stocker l'endoscope ;
- Indiquer la fin de cycle ;
- Enregistrer tous les informations obtenues.

| No | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|------|--|---------|--------|-------------|
| F106 | Minimiser le temps nécessaire de la préparation de désinfection | JTBD | Estime | Performance |
| F107 | Faciliter l'accès/ l'obtention des informations à propos l'acte endoscopique et le type d'endoscope | JTBD | Estime | Innovation |
| F108 | Réduire la charge de travail pour les personnels de soins | JTBD | Estime | Performance |
| F109 | Faciliter la préparation des ressources | JTBD | Usage | Performance |
| F110 | Nettoyer l'endoscope selon un choix préliminaire | JTBD | Usage | Innovation |
| F111 | Organiser et ordonner les informations avant et après chaque acte endoscopique | JTBD | Usage | Innovation |
| F112 | Faciliter le contrôle des paramètres de lavage quand le cycle est en marche | JTBD | Estime | Innovation |
| F113 | Offrir différents modes de nettoyage/ désinfection à l'utilisateur | JTBD | Usage | Innovation |
| F114 | Optimiser la procédure globale de traitement sans omettre ou dupliquer une ou plusieurs étapes | JTBD | Estime | Performance |
| F115 | Contrôler les paramètres de lavage (nettoyage/ désinfection) (la quantité et la qualité de l'eau, détergent et le désinfectant, l'air médical, température, pression, durée, concentration...) | JTBD | Usage | Performance |
| F116 | Enregistrer et indiquer les paramètres pendant le cycle de nettoyage (suivi et la vérification de procédé) | JTBD | Usage | Innovation |

Tableau 11: Fonctions déterminées par la méthode de Job-To-Be-Done

Finalement, en bâtissant un arbre fonctionnel préliminaire, certaines fonctions supplémentaires ont été trouvées. L'ensemble des fonctions de la machine vous sera présenté dans la section suivant.

IV. Création de l'arbre fonctionnel

Dans le but d'avoir une vue globale structurée des fonctions, l'arbre fonctionnel a été construite. Ceci a permis de mettre en évidence les principaux sous-systèmes du produit. Le tableau présente la liste définitive des fonctions retenues après la méthode RESEAU pour la création de l'arbre fonctionnel. L'arbre fonctionnel contient principalement des fonctions d'usage, quelques fonctions d'estime, et aussi des fonctions techniques qui ont été ajoutées à la droite de l'arbre à titre indicatif pour montrer vers quels concepts mèneront les fonctions techniques.

| N° | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|------|--|----------------|------------|-------------|
| F6 | Eliminer le contact direct entre l'infirmier et le produit | Besoin | Contrainte | Base |
| F15 | Déplacer la brosse tout au long de l'endoscope | Besoin | Technique | Base |
| F16 | Ajouter les produits lessiviels | Intuitive | Technique | Base |
| F20 | Utilisé une source d'électricité standard | Intuitive | Technique | Performance |
| F21 | Utiliser l'installation d'eaux de réseaux | Intuitive | Technique | Performance |
| F22 | Protéger l'utilisateur contre les effets négatifs des produits lessiviels | Intuitive | Contrainte | Base |
| F23 | Indiquer le niveau des produits stockés dans les réservoirs | Intuitive | Technique | Performance |
| F24 | Indiquer l'état de la machine (en marche, en attente, erreur) | Intuitive | Technique | Performance |
| F27 | Faire le cycle de nettoyage complet (pareil à celui manuels) | Intuitive | Usage | Base |
| F28 | Evacuer la vapeur des produits lessiviels | Intuitive | Technique | Performance |
| F31 | Contenir l'endoscope | Intuitive | Usage | Base |
| F40 | Monter et enlever l'endoscope facilement | Environnement | Technique | Performance |
| F43 | Nettoyer l'endoscope | Environnement | Usage | Base |
| F44 | Eviter l'altération de l'endoscope | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F46 | Contenir la solution | Environnement | Technique | Performance |
| F56 | Permettre l'installation dans le local de nettoyage/ désinfection | Environnement | Estime | Contrainte |
| F59 | Permettre le transport facile de la machine | Environnement | Estime | Performance |
| F61 | Avoir une dimension qui facilite la manutention de machine | Environnement | Contrainte | Contrainte |
| F62 | Evacuer les produits usés | Environnement | Technique | Performance |
| F64 | Communiquer les informations de fonctionnement à l'utilisateur | Environnement | Technique | Innovation |
| F66 | Posséder un panneau de commande | SAFE | Technique | Innovation |
| F67 | Recevoir les consignes de l'utilisateur | SAFE | Usage | Innovation |
| F68 | Minimiser le temps de préparation de la machines | SAFE | Estime | Performance |
| F69 | Faciliter la préparation de la machine | SAFE | Estime | Performance |
| F72 | Mesurer et contrôler le niveau des produits lessiviels | SAFE | Technique | Performance |
| F83 | Fournir une fiche de contrôle après la fin de cycle | SAFE | Technique | Innovation |
| F91 | Immerger l'endoscope par un détergent avec l'eau du réseau | Normes | Usage | Base |
| F92 | Irriguer tous les canaux | Normes | Usage | Base |
| F96 | Immerger l'endoscope et irriguer tous les canaux | Normes | Usage | Base |
| F97 | Jeter l'eau de rinçage après chaque utilisation | Normes | Usage | Base |
| F99 | Immerger l'endoscope et les valves dans une solution désinfectante | Normes | Usage | Base |
| F100 | Irriguer tous les canaux jusqu'à élimination complète de l'air | Normes | Usage | Base |
| F104 | Résister à la collision | Normes | Technique | Contrainte |
| F108 | Réduire les charges de la préparation de la machine | Job-to-be-done | Usage | Performance |
| F111 | Organiser et ordonner les informations avant et après chaque acte endoscopique | Job-to-be-done | Technique | Innovation |
| F115 | Contrôler les paramètres de lavage (nettoyage/ désinfection) | Besoin | Technique | Performance |
| F116 | Enregistrer et afficher les paramètres pendant le cycle de nettoyage (suivi et la vérification de procédé) | Job-to-be-done | Technique | Innovation |
| F57 | Isoler les vibrations | Environnement | Technique | Contrainte |
| F85 | Contrôler la position de la brosse | SAFE | Technique | Performance |

Tableau 12: Fonctions utilisés dans la création de l'arbre fonctionnelle

D'après l'arbre fonctionnel ci-dessous, les sous-systèmes de la machine **McDAE** qui couvrent tous les aspects de conception sont les suivants :

- ⇒ Sous-système de brossage.
- ⇒ Sous-système de déplacement.
- ⇒ Sous-système de fixation.
- ⇒ Sous-système de préparation de la solution.
- ⇒ Sous-système de stockage.
- ⇒ Sous système de la communication intelligente (machine-personnel de soin).
- ⇒ Sous-système d'installation de la machine.
- ⇒ Sous-système de séchage.

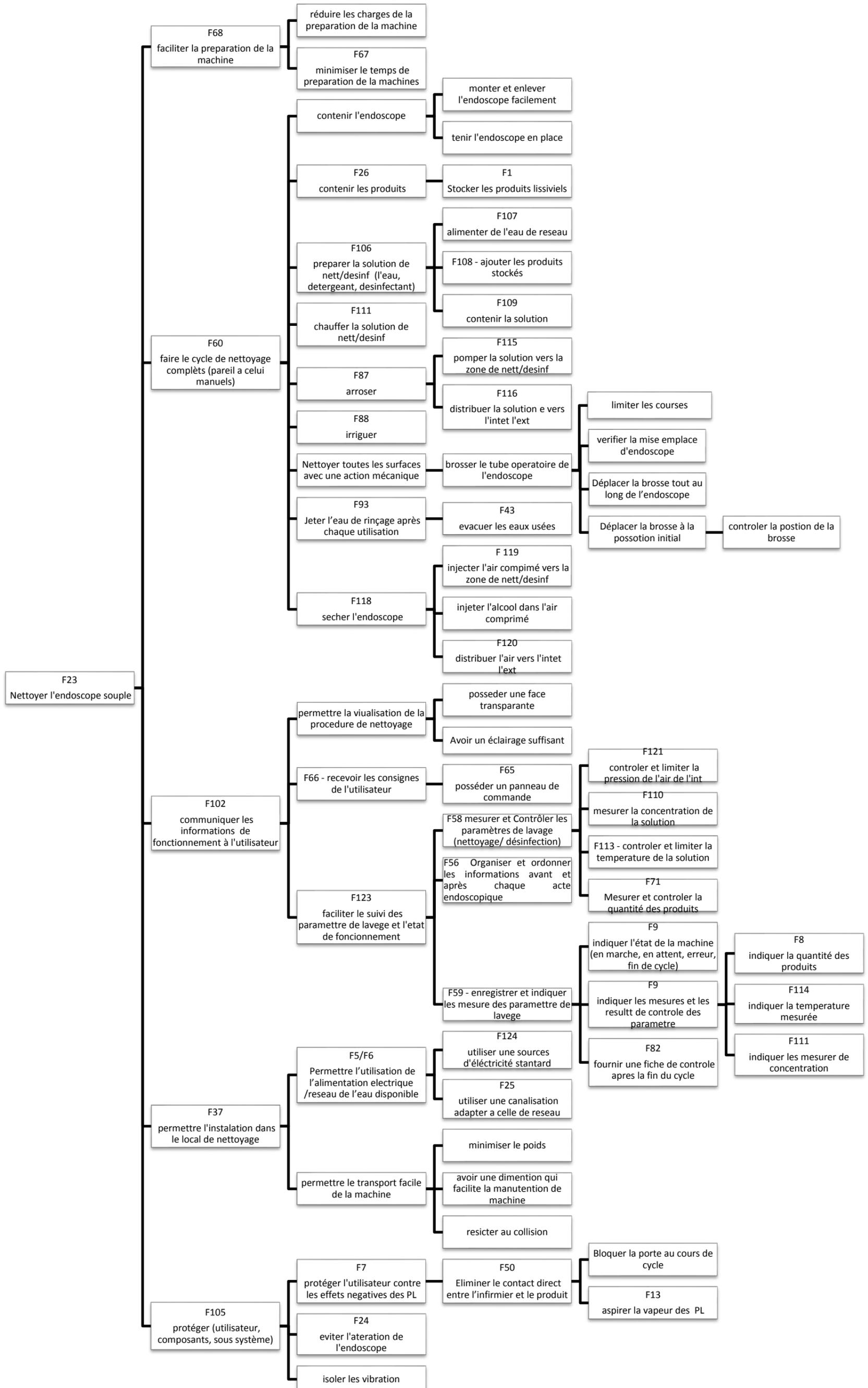


Figure 6: Arbre fonctionnel

Evidemment, certaines fonctions sont toujours manquantes même après la méthode RESEAU et Job-To-Be-Done. La construction de l'arbre fonctionnel a permis cependant de corriger la situation et de s'assurer de la cohérence de l'arbre fonctionnel. Le tableau montre les fonctions complémentaires trouvées.

| N° | Fonctions | Méthode | Type | Kano |
|------|--|---------------------|-----------|-------------|
| F117 | Chauffer la solution | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F118 | Préparer la solution de nettoyage/ désinfection | Arbre fonctionnelle | Usage | Base |
| F119 | Mesurer la concentration de la solution désinfectante/ détergente | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F120 | Indiquer les mesures de concentration | Arbre fonctionnelle | Technique | Innovation |
| F121 | Contrôler et limiter la température de la solution | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F122 | Indiquer la température mesurée | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |
| F123 | Pomper la solution vers la zone de nettoyage | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |
| F124 | Distribuer la solution vers l'intérieur et l'extérieur de l'endoscope | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F125 | Contrôler et limiter la pression | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |
| F126 | Sécher l'endoscope | Arbre fonctionnelle | Usage | Base |
| F127 | Injecter l'air comprimé vers la zone de nettoyage/ désinfection | Arbre fonctionnelle | Technique | Base |
| F128 | Injecter l'alcool dans l'air comprimé | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |
| F129 | Distribuer l'air comprimé vers l'intérieur et l'extérieur de l'endoscope | Arbre fonctionnelle | Usage | Base |
| F130 | Faciliter le suivi des paramètres de lavage et l'état de fonctionnement | Arbre fonctionnelle | Estime | Innovation |
| F131 | Tenir l'endoscope en place | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F132 | Avoir un éclairage suffisant | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F133 | Déplacer la brosse sur la surface de nettoyage | Arbre fonctionnelle | Usage | Innovation |
| F134 | Bloquer la porte au cours de cycle | Arbre fonctionnelle | Technique | Innovation |
| F135 | Protéger (utilisateur, composants, sous système) | Arbre fonctionnelle | Usage | Base |
| F136 | Minimiser le poids de la machine | Arbre fonctionnelle | Usage | Performance |
| F137 | Indiquer les mesures et les résultats de contrôle des paramètres de désinfection | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |
| F138 | Contrôler et limiter la température de la solution | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |
| F139 | Posséder une face transparente | Arbre fonctionnelle | Technique | Innovation |
| F140 | Permettre la visualisation de la procédure de nettoyage | Arbre fonctionnelle | Technique | Innovation |
| F141 | Nettoyer toutes les surfaces avec une action mécanique | Arbre fonctionnelle | Usage | Innovation |
| F142 | Brosser le tube opératoire de l'endoscope | Arbre fonctionnelle | Technique | Innovation |
| F143 | Vérifier l'emplacement de l'endoscope | Arbre fonctionnelle | Technique | Performance |

Tableau 13: Fonctions trouvée par l'arbre fonctionnel

Synthèse :

Une fois que l'arbre fonctionnel est déterminé, la structure de travail pour la recherche de concept est désormais définie.

Le prochain chapitre présentera la génération et l'évaluation des concepts des sous-systèmes en déterminant la matrice morphologique et la matrice de PUGH .

Lors des prochains chapitres nous allons nous focaliser sur la partie mécanique du projet, Le binôme AALLOUCH Taoufik et ELMESBAHI Jihad se focaliseront sur la partie hydraulique.

Chapitre 3 : Etude conceptuelle

Dans ce chapitre, le cahier des charges fonctionnel de la machine McDAE sera élaboré. Les spécifications d'ingénierie seront utilisées par la suite pour créer la maison de qualité DFQ, qui permettra ultérieurement de déterminer les spécifications critiques indispensables pour le choix des concepts en regard des attentes du client. Un concept final de la partie mécanique sera défini à la fin de ce chapitre..

I. Cahier de charge fonctionnel

1. Tableau des spécifications

Les principales spécifications d'ingénierie, qui découlent des fonctions de troisième ordre de l'arbre fonctionnel ont été regroupées et définies dans un tableau afin de bien visualiser les restrictions à suivre en cours de conception.

| | Fonctions | Type | K | Spécifications d'ingénierie | Définition | Mesure | Niveau | Flexibilité | Important pour la satisfaction des clients |
|-----|---|------------|---|---------------------------------------|--|---|-----------|-------------|--|
| F77 | Recevoir les consignes d'opérateur | Contrainte | 4 | Circuit séquentiel synchrone | Fixer la procédure selon le niveau de traitement requis | Type d'opération faite | Criticité | F3 | X |
| F26 | Contenir l'endoscope | Usage | 4 | Longueur du tube d'insertion | - | Décamètre | 560 mm | F0 | |
| | - | - | | Longueur du raccord lumière | - | Décamètre | 1630 mm | F0 | |
| F82 | Permettre le maintien d'endoscope | Usage | 3 | Poids d'endoscope | - | Balance électronique | 560 g | F0 | |
| | - | - | | Diamètre du bloc fixé | - | Pied à coulisse | 32 mm | ± 3mm | |
| | - | - | | Force de retenue d'endoscope | Force pouvant être exercée sur le bloc fixé sans que celui-ci ne bouge | Application d'effort du couple sur l'endoscope | - | - | |
| | - | - | | Nombre de DDL après fixation | Nombre de DDL une fois le bloc est fixé | Aucun mouvement ou vibration ressentie durant l'insertion | Aucun DDL | F0 | |
| F86 | Posséder une surface de nettoyage | Estime | 2 | Hauteur de la cuve | Prendre en compte l dimensions d'endoscope et des composants de la machine | Décamètre | 1150 mm | Max | |
| | - | - | | Largeur de la cuve | Prendre en compte l dimensions d'endoscope et des composants de la machine | Décamètre | 700 mm | Max | |
| | - | - | | Profondeur de la cuve | Prendre en compte la dimension d'endoscope et des composants de la machine | Décamètre | 400 mm | Max | |
| F73 | Contrôler la position de la brosse | Technique | 2 | Angle de contact | Angle minimal qui pourra accomplir la tache commandée sans endommagement de l'endoscope et avec un niveau maximal d'efficacité | Calcul | - | - | |
| | - | - | | Vitesse de rotation | Il ne dépend que du sous-système d'enchaînement choisi | | - | - | |
| | - | - | | Coordonnées de position de la brosse | Prendre en compte le position d'endoscope | Estimation du jeu fonctionnel | 500 µm | Max | |
| F63 | Guider la brosse vers la zone de préparation | Technique | 3 | Coordonnées de la zone de préparation | Guider la brosse selon les axes X, Y et Z | - | - | - | |
| F64 | Déplacer la brosse au long du tube d'insertion | Technique | 5 | Vitesse de déplacement de la brosse | Vitesse de déplacement unidirectionnelle suivant Z | Calcul | - | - | |
| | - | - | | Temps de déplacement | Temps requis pour le déplacement de la brosse | Chronomètre | 2min | Min | |
| | - | - | | Distance de déplacement | Distance entre le début et la fin du tube d'insertion | Décamètre | 565 mm | ± 5 mm | |
| F84 | Limiter les courses | Technique | 3 | Résolution de positionnement | Distance théorique entre deux points consécutifs selon les trois axes | Décamètre | 565mm | ± 5 mm | |
| | - | - | | Course maximale du vérin | Adapter la course maximale du vérin selon notre besoin | Fiche technique de vérin | 580mm | ± 10 mm | |
| F13 | Respecter le temps nécessaire pour chaque étape | Technique | 3 | Temps de préparation | - | Chronomètre | 5s | Max | x |

| | | | | | | | | | |
|------------|---|------------|---|--|--|---|---------------------|-----------|---|
| | - | - | | Temps de broissage | - | Chronomètre | 4 min | Max | x |
| F46 | Contrôler visuellement le cycle de nettoyage | Usage | 3 | Choix des matériaux | Visualiser clairement le déroulement de la procédure | Œil humaine | Vision claire | F0 | x |
| F78 | Emmagasiner les données en mémoire | Estime | 3 | Système d'information de gestion | Avoir un programme qui mémorise les informations du nettoyage | Programme et puce mémoire | - | - | |
| F83 | Isoler les vibrations | Technique | 4 | Choix des matériaux | Choisir un matériau qui résiste aux vibrations | Caractéristiques techniques du matériau | - | - | |
| | - | - | - | Niveau du bruit | Niveau de bruit lors du fonctionnement des sous-systèmes d'entraînement | Appareil pour mesurer le niveau sonore (GAUS) | 30 Db | Max | x |
| | - | - | - | Positions des sous-systèmes d'enchaînement | Prendre en considérations dans notre concept la position des sous-systèmes d'enchaînement | Estimation du jeu fonctionnel | 500 µm | Max | |
| F76 | Résister à la corrosion | Technique | 4 | Durée de vie du matériau choisie | - | Caractéristiques techniques du matériau | Très longue | F0 | x |
| | - | Technique | 4 | Choix des matériaux | Choisir un matériau qui résiste aux vibrations | Caractéristiques techniques du matériau | - | - | x |
| F85 | Résister aux impacts | Technique | 2 | Poids de la machine | Masse maximale admissible pour la manutention de la machine | Bascule électronique | 100 kg | Max | x |
| | - | - | - | Outils de fixation | Posséder une stabilité satisfaisante quel que soit les conditions d'implantation | Type d'implantation | Soudage /Boulonnage | F0 | |
| F65 | Protéger contre les chocs électriques | Usage | 5 | Choix de matériaux | Choisir un matériau isolant contre les charges électriques | Conductivité | Non-conducteur | F0 | x |
| F64 | Arrêter en cas d'urgence | Contrainte | 4 | - | Posséder un système d'arrêt en cas de besoin Interrompre et reprendre l'opération en cas d'urgence | - | - | | x |
| F81 | Respecter les consignes d'ergonomie | Technique | 3 | Variation d'hauteur de la machine | Faciliter la manipulation de la machine pour l'utilisateur | Taille de l'utilisateur | 1,7 m | ± 0,25 m | x |
| | - | - | | Luminosité | Adapter le niveau de luminosité selon le besoin | Œil humaine | Vue claire | F1 | x |
| | Etre abordable | Contrainte | 4 | Cout de prototype | Cout d'achat des composants ainsi que son installation | Somme d'argent | 8000 DH | ± 2000 DH | x |
| | Faciliter l'entretien | Estime | | Masse des pièces mobiles | Masse maximale admissible pour la manutention d'une pièce à entretenir | Calculer par SW | 20 Kg | Max | |
| | - | - | | Emplacement des pièces dans la machine | - | - | - | - | - |
| | - | - | | Durée de vie machine | - | Nombre d'heure avant remplacement des pièces | - | - | x |
| | Bloquer la porte | - | | Force de blocage | - | - | - | - | |
| | Eliminer la déviation d'eau/produits utilisés | - | | Imperméabilité | - | - | - | - | x |

Tableau 14: Liste des spécifications de la McDAE

2. Note à la conception

Les fonctions figurant dans l'arbre fonctionnel qui ne génèrent pas de spécifications devront également être tenues en compte tout au long du développement de projet. Pour se faire, ces fonctions ont été traduites en note à la conception elles serviront à guider la conception sans toutefois être des critères à respecter nécessairement.

| N° | FONCTIONS | TYPES | KANO |
|-----|--|------------|------|
| F62 | Mettre en place un système de qualité hygiène autour de l'endoscopie | Estime | I |
| F79 | Recevoir les consignes d'opérateur | Estime | P |
| F29 | Facile à manipuler la machine | Estime | P |
| F59 | Eliminer les salissures et les résidus de détergent | Contrainte | B |
| F54 | Fournir une fiche de traçabilité | Estime | I |
| F13 | Respecter l'ordre des phases | Contrainte | B |
| F14 | Respecter le temps nécessaire pour chaque étape de procédure | Estime | B |
| F18 | Optimiser la procédure globale de traitement sans omettre ou dupliquer une ou plusieurs étapes | Usage | I |
| F41 | Programmer le type du cycle de nettoyage selon l'acte endoscopique | Technique | I |

C : Contrainte ; B : Base ; P : Performance ; I : Innovation

Tableau 15: Liste des fonctions complémentaires non-génératrices de spécifications

II. Structure fonctionnelle

La structure fonctionnelle du produit a été réalisée afin de valider les fonctions retenues de l'arbre fonctionnel et de répartir les responsabilités selon les fonctions essentielles à une organisation par

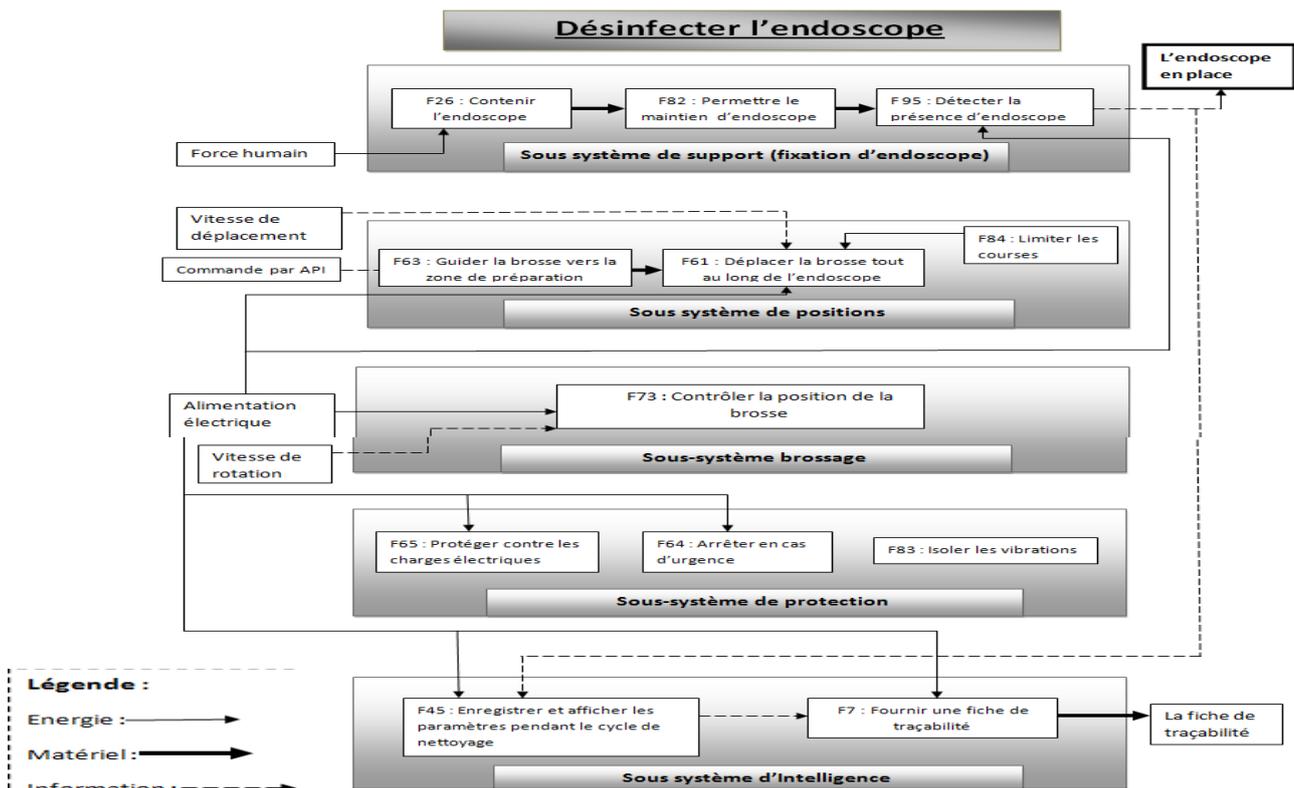


Figure 8 : Structure fonctionnelle de la machine par sous-systèmes

III. Configuration physique

Afin d'avoir une première idée globale de la machine, la figure ci-dessous montre la configuration physique de la **McDAE** ainsi que l'agencement des sous-systèmes en deux dimensions. Leur positionnement permet d'avoir une première représentation simple de la machine. Ce positionnement dans l'espace ainsi que la définition de la structure fonctionnelle vont nous permettre d'élaborer le volume et l'interface de chacun des sous-systèmes.

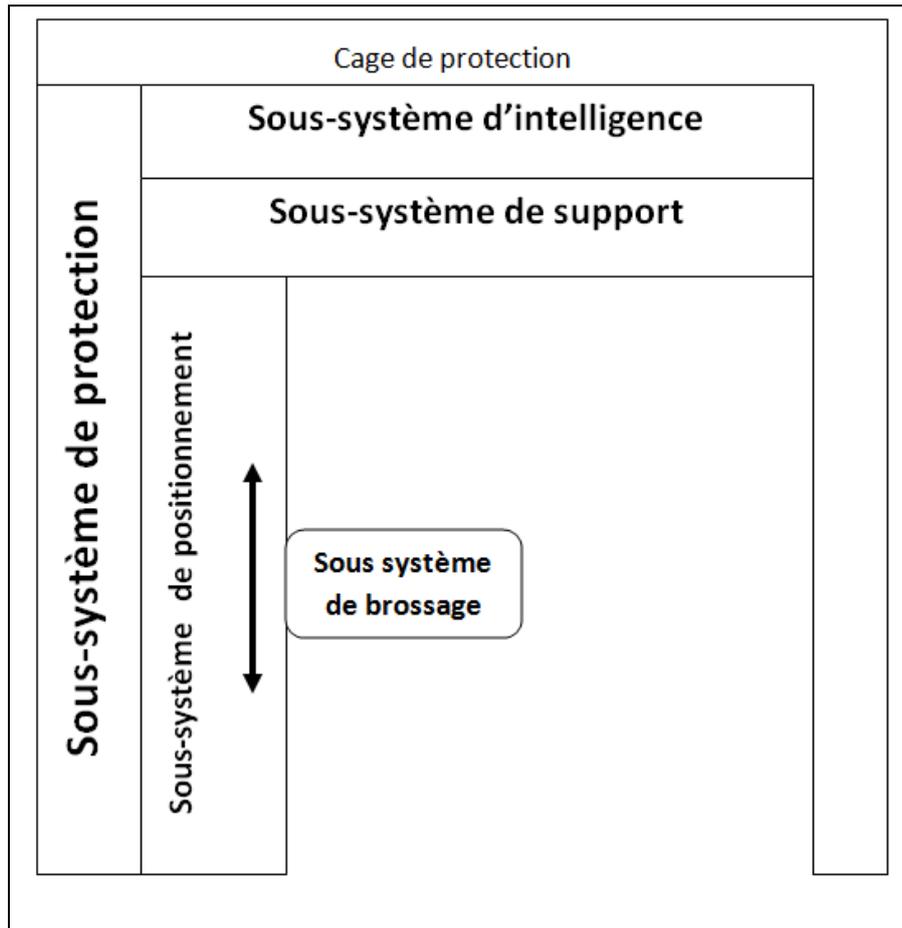


Figure 9 : Configuration physique de la machine par sous-systèmes

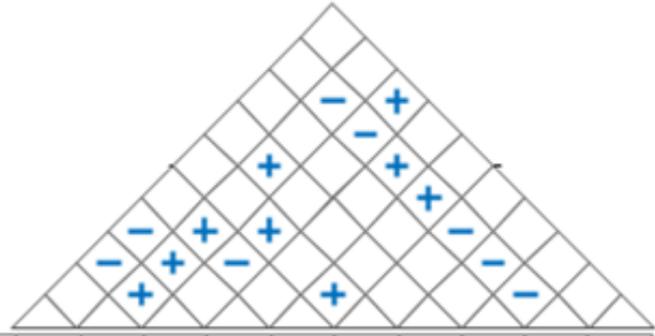
IV. Pondération QFD

La matrice QFD a été ensuite construite pour pondérer les spécifications fonctionnelles liées aux attentes clients avec les besoins de ceux-ci. Les détails de l'analyse de cette matrice sont disponibles dans la figure ci-dessous :

Matrice des relations
 Relation forte = 9
 Relation moyenne = 3
 Relation faible = 1
 aucune relation = case vide

Matrice des corrélations
 Corrélation positive = +
 Corrélation négative = -
 aucune corrélation = case vide

Orientation
 ↓: Max
 ↑: Min



| | | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | |
|--|---|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------|------------------------------|-------------------|------------------------|---|
| | Customer Importance | Temps d'opération | Choix du matériau | Niveau u bruit | Durée de vie machine | Poids de la machine | Variation de la hauteur de la machine | Luminosité | Circuit Séquentiel synchrone | Coût du prototype | Emplacement des pièces | |
| Requ沿海ments | Recevoir les consignes d'opérateur | 4 | 3 | | | | 3 | 3 | 9 | 1 | | |
| | Respecter le temps nécessaire pour chaque étape | 3 | 9 | | 1 | | | | | | | |
| | Contrôler visuellement le cycle de nettoyage | 3 | | 9 | | | 1 | 9 | | 3 | | |
| | Isoler les vibrations | 4 | 1 | 9 | 3 | | 3 | 3 | | 1 | 9 | |
| | Résister à la corrosion | 4 | | 9 | | 3 | 1 | | | 3 | 3 | |
| | Résister aux impacts | 2 | | 3 | | 1 | 9 | 3 | | | | |
| | Protéger contre les chocs électriques | 5 | | 9 | | | | | 1 | 1 | 3 | |
| | Arrêter en cas d'urgence | 4 | 3 | | | | | | | 1 | 1 | |
| | Respecter les consignes d'ergonomie | 3 | | | | | | 9 | 9 | | | 3 |
| | Etre abordable | 5 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | | 9 | |
| | Faciliter l'entretien | 3 | | 1 | | 3 | 1 | | | | | 9 |
| | Degré de difficulté technique | 3 | | 1 | | 3 | 1 | | | | | 9 |
| Degré de difficulté technique (1-5) | | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | |
| | Flexibilité | Max | F0 | Max | F4 | ± 20 kg | ± 0.25 m | F1 | F4 | ± 2000 DH | . | |
| | Niveau | 10 min | Non-conducteur | 30 dB | Tres longue | 80 kg | 1.7 m | Vision claire | Type de ndos copie | 8000 DH | . | |
| Importance rating | | 60 | 171 | 50 | 46 | 66 | 65 | 71 | 41 | 83 | 130 | |
| Fonctions retenue | | x | x | x | | x | x | x | | x | x | |

Figure 9: QFD de la McDAE

V. Identification des spécifications d'ingénierie critiques

On obtient finalement les spécifications les plus importantes aux yeux des clients qui doivent être considérées lors du choix des concepts. Ces spécifications dites critiques sont les suivantes :

| Spécifications critiques |
|----------------------------|
| Temps des opérations |
| Choix des matériaux |
| Poids de la machine |
| Luminosité |
| Cout de la machine |
| Emplacement des composants |
| Imperméabilité |
| Durée de vie de la machine |

Tableau 16: Spécifications d'ingénierie critiques

VI. Matrice morphologique :

1. Conception des sous-systèmes par SolidWorks :

a. Sous-système de déplacement :

Concept 1 : système vis-écrou :

Le système **vis-écrou** est un mécanisme d'entraînement en translation (Lorsque la vis tourne, l'écrou est entraîné en translation). Il permet la transformation du mouvement par une liaison hélicoïdale. Ce système se compose :

- D'une tige filetée entraînée en rotation autour d'un axe fixe par rapport au bâti de la machine
- D'une pièce comportant un filetage intérieur « écrou », guidée en translation par rapport au bâti.

Ce système est utilisé pour les déplacements précis à forte charge.



Figure 11 : Vérin sans tige à vis Trapézoïdale

Concept 2 : système poulie-courroie :

Il s'agit d'un mécanisme d'entraînement en translation. Ce système transmet par adhérence, à l'aide d'un lien flexible « courroie », un mouvement de rotation continu entre deux arbres éloignés. Il est composé de :

- De deux poulies dentées de même taille, une menante et l'autre menée
- D'une courroie crantée, elle porte une plaque guidée en translation par rapport au bâti.

Ce système est utilisé pour les déplacements de grande vitesse à faible charge.

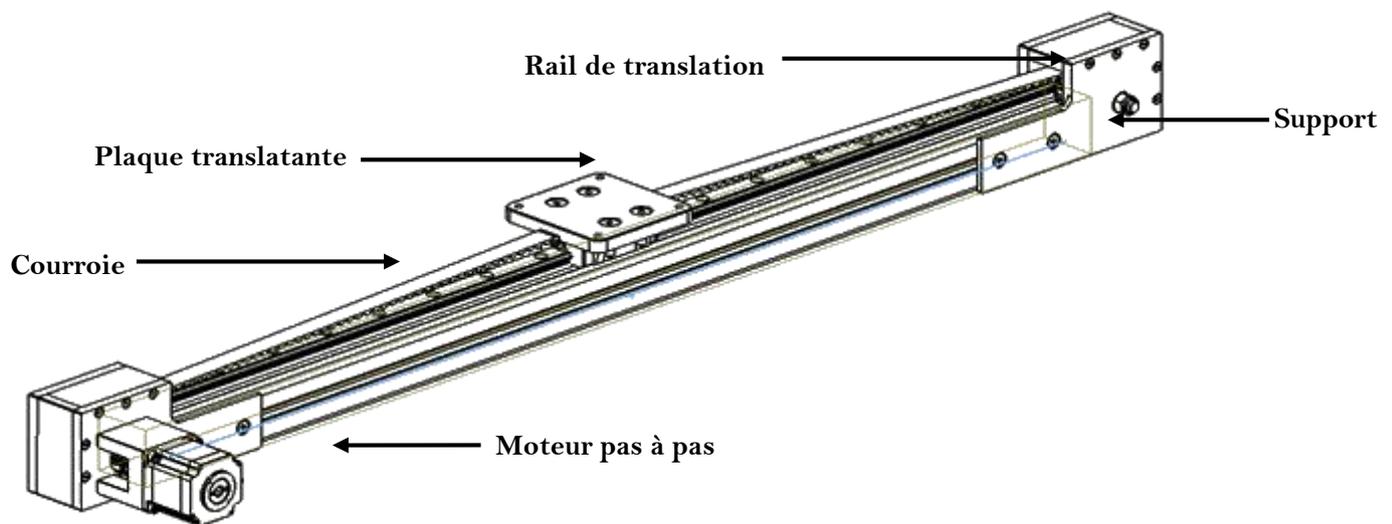


Figure 12 : Vérin sans tige à courroie crantée

b. Sous-système de brossage :

Concept 1 :

Il s'agit d'un train engrenage, ce système mécanique est composé de :

- Deux roues dentées engrenées de même taille, servant à la transmission du mouvement de rotation entre eux
- Un micro-servomoteur
- Un pignon
- Une brosse

Les deux roues dentées sont en contact l'une à l'autre, tournent au sens contraire et se transmettent la puissance par obstacle. Une roue est menée par un arbre d'un micro-servomoteur et l'autre est composé d'un pignon qui engendre un mouvement de rotation de la brosse (**Figure 13**).



Figure 13 :_Brosse à système engrenage

Concent 2 :

Ce système est composé de :

- Deux servomoteurs
- Un bâti
- Deux brosses
- Des pièces intermédiaires

Les deux servomoteurs tournent au sens contraire, ils engendrent un mouvement de translation linéaire des brosses par rapport au bâti à l'aide des pièces intermédiaires.

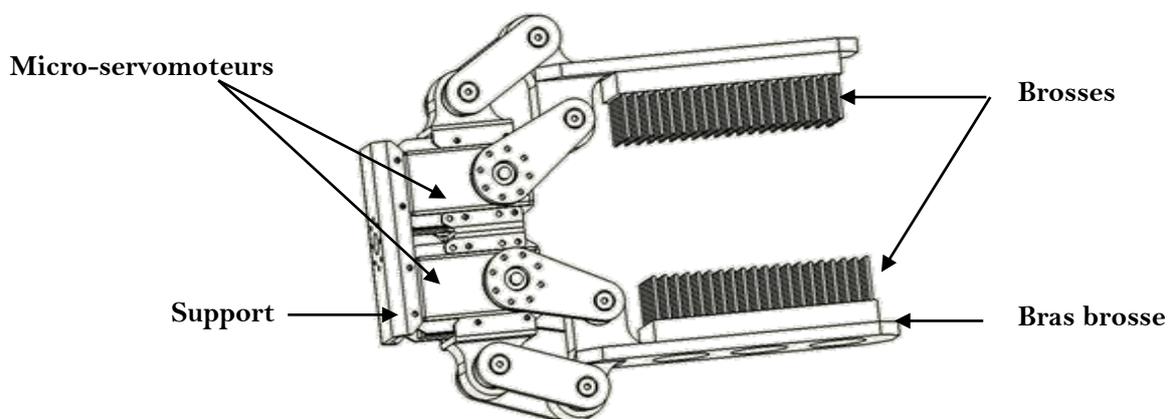


Figure 14 : Brosse à servomoteurs

Concept 3 :

Ce système est composé de :

- Deux Moteurs DC
- Deux brosses

Les deux moteurs DC tournent dans le même sens, ils engendrent un mouvement de rotation des brosses par rapport au bâti.

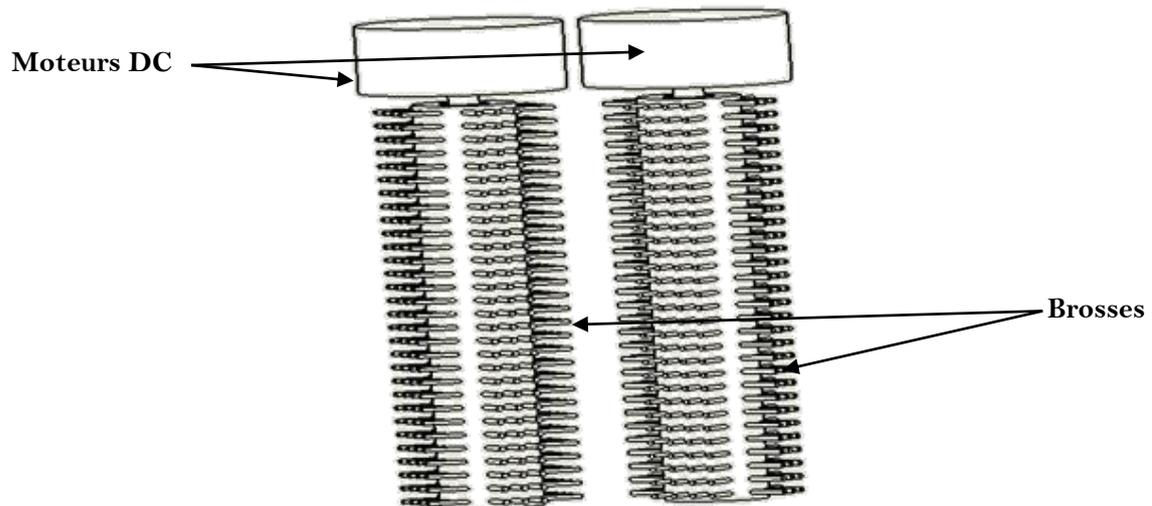


Figure 15 : Brosse à système de rotation

c. Sous-système de fixation :

Concept 1 : système horizontale :

- La cuve est de forme horizontale
- L'endoscope est posé sur un circuit adapté à ses dimensions
- Visibilité de la procédure de nettoyage pour l'utilisateur

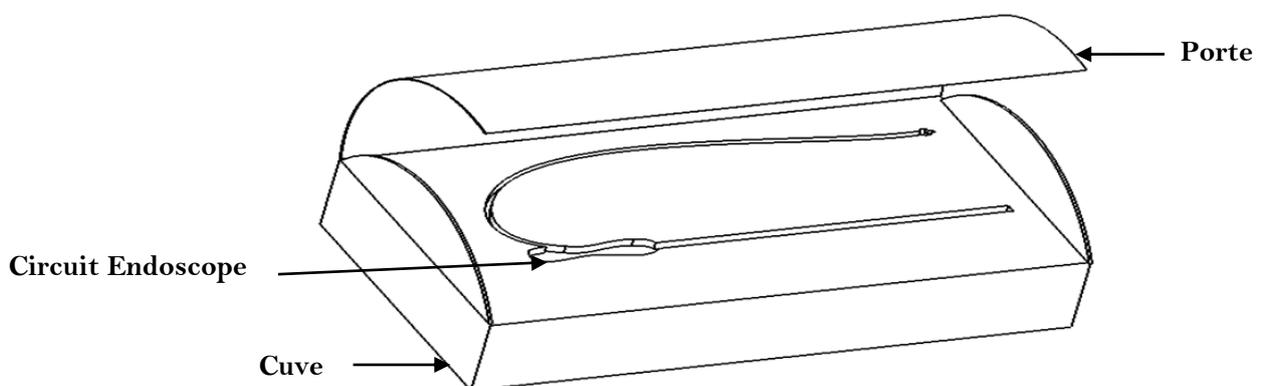


Figure 16 : Boite de nettoyage (forme Horizontale)

Concept 2 : système Verticale :

La cuve est de forme verticale et l'endoscope est posé sur deux parties :

- Une partie consacrée au nettoyage du tube d'insertion
- Une partie consacrée au nettoyage du raccord lumière



Figure 15: Boite de nettoyage (forme verticale)

d. Sous-système commande / affichage :

Concept 1 :

← Cuve

Ce concept est une version classique des panneaux de commandes. Il est composé d'un **sélecteur**, bouton **départ/pause** et des **voyants** indicatifs.

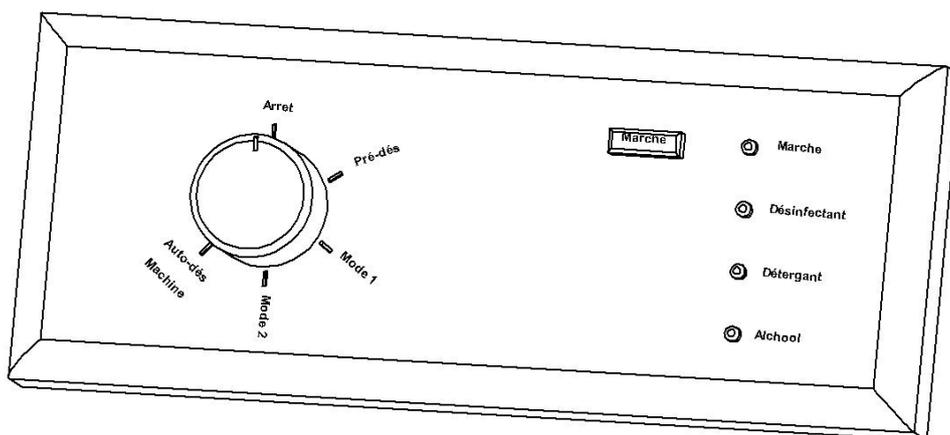


Figure 18 : Panneau de contrôle/affichage (concept1)

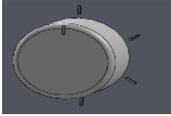
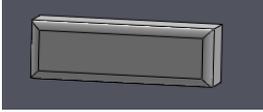
| | |
|--|--|
| <p>Sélecteur</p>  | <p>Sélecteur du programme :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour éteindre la machine et pour sélectionner les programmes. • Vous pouvez sélectionner la séquence de votre choix en faisant tourner le sélecteur de programmes. • Peut être tourné dans les deux sens. |
| <p>Marche/Pause</p>  | <p>Départ/pause</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lorsque vous souhaitez changer de programme de fonctionnement : Appuyez sur le bouton (Marche/pause) →sélectionnez le programme à changer → appuyez à nouveau sur le bouton (Marche/pause) |
| <p>Voyants</p>  | <p>Les voyants</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bleu : s'allume si la machine est en marche • Bleu ciel : indique le niveau du désinfectant • Vert : indique le niveau du détergent • Jaune : indique le niveau d'alcool |

Tableau 17: composants du Panneau de contrôle/affichage (concept1)

Les modes existant dans notre machine :

- **Pré-désinfection** : Ce mode est essentiel si l'endoscope était stocké pour une durée qui dépasse 12h
- **Mode 1** : la procédure normalisée de nettoyage/désinfection d'endoscope
- **Mode 2** : la procédure normalisée de nettoyage/désinfection d'endoscope avec un double nettoyage
- **Auto-désinfection** : Après un certain cycle de fonctionnement bien déterminer une désinfection interne de la machine est imposé (afficher dans l'écran de commande), afin de minimiser le risque de contamination.

Remarque :

Auto-désinfection s'effectue après 10 cycles en cas normal, mais lors d'une criticité très élevée pendant le nettoyage des endoscopes, l'infirmière a le choix de désinfecter la machine, afin d'éliminer tout risque de contamination.

Pour bien comprendre en détailles les cycles programmés dans notre machine, nous proposons de voir la partie logigramme de la machine figure page () .

Concept 2 :

Ce concept se compose d'un sélecteur (on/off) et un écran de commande tactile. Le système est connecté par une application téléphonique pour recevoir la traçabilité de l'opération.

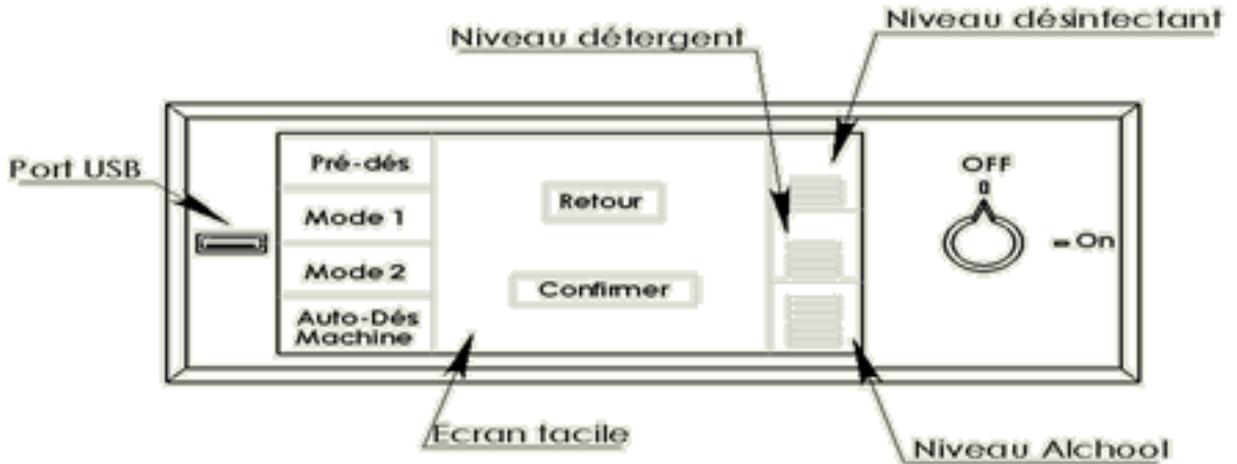


Figure 19 : Panneau de contrôle/affichage (concept2)

Le tableau ci-dessous montre les fonctions des deux composants.

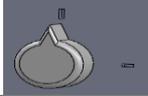
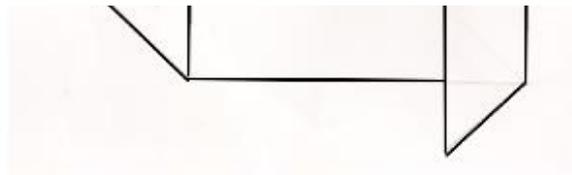
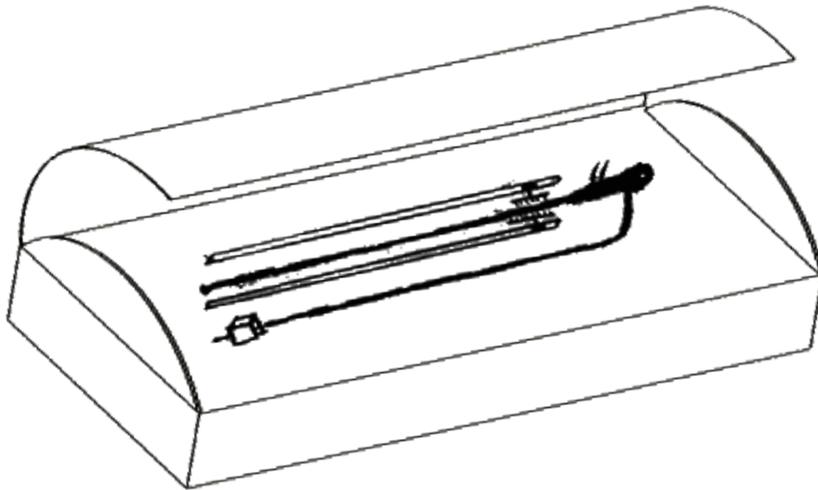
| | |
|---|--|
|  | Sélecteur : <ul style="list-style-type: none">• Pour allumer et éteindre la machine• Peut se tourner dans les deux sens. |
|  | Ecran de commande : <ul style="list-style-type: none">• Sélectionner le programme à exécuté• Confirmer votre choix pour commencer le cycle• Retourner si vous voulez modifier le choix par un clic sur retour• Des indicateurs sur la droite de l'écran montrent les niveaux des produits et la présence d'endoscope |
|  | Port USB : <ul style="list-style-type: none">• Connecter des périphériques informatiques de la machine à un ordinateur ou à tout type d'appareil.• Pour modifier un mode ou ajouté un autre mode. |

Tableau 18: composants du panneau de contrôle/affichage (concept2)

2. Concepts générés :

La matrice morphologique permet non-seulement de générer des concepts par sous-systèmes mais aussi de combiner entre eux pour créer des concepts globaux, les figures ci-dessous montrent les quatre concepts globaux générés.

Concept : 2



Description :

Le deuxième concept est de forme verticale, il est composé de :

- sous système de brossage
- sous système de fixation (cuve, porte, porte endoscope)
- sous système de déplacement constitué d'un mécanisme de poulie courroies

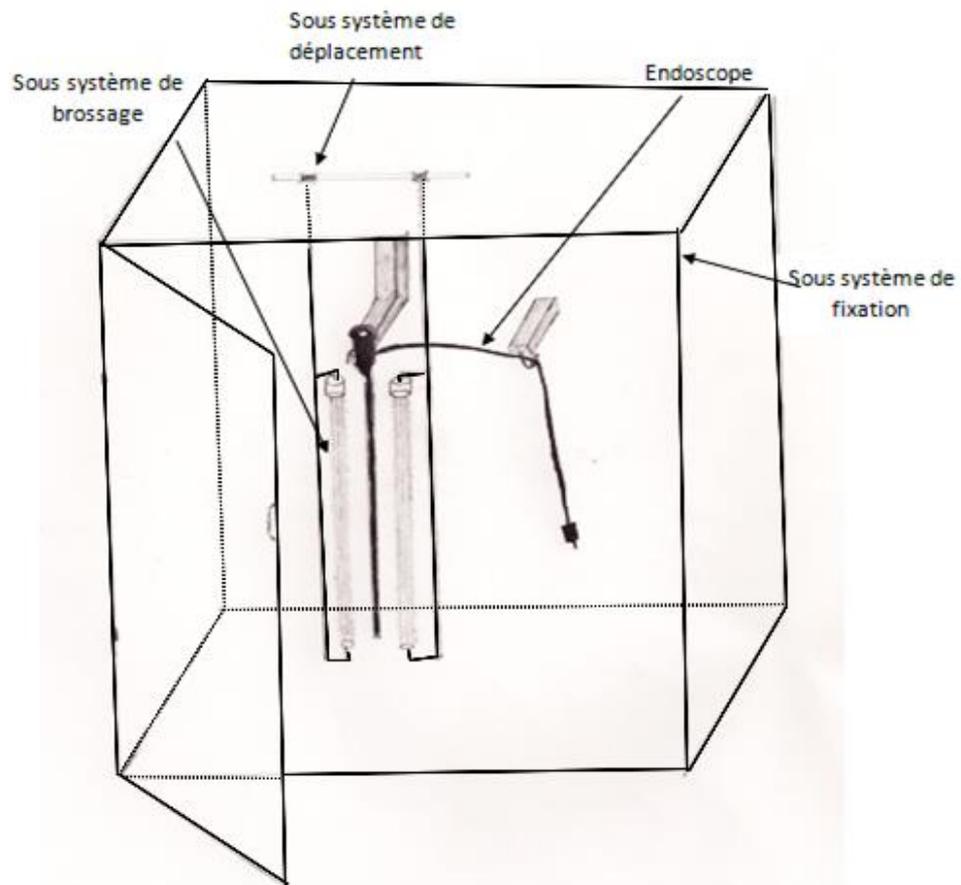
N.B : les sous-systèmes

Figure 20 : Concept 1 de la McDAE

que

Figure 21 : Concept 2 de la McDAE

Concept : 3



Description :

Le troisième concept est de forme vertical, il est composé de :

- sous système de broissage
- sous système de fixation (cuve, porte, porte endoscope)

N.B : les sous-systèmes sont expliqués dans la partie **Matrice morphologique**



Figure 23 : Concept 4 de la McDAE

V. Matrice pugh :

1. Définition :

La matrice de Pugh, ou matrice de décision, est un outil simple et d'aide à la décision multicritères, permettant de progresser dans la résolution des problèmes de décision, souvent contradictoires, doivent être pris en compte. En appliquant plusieurs critères de décision simultanément.

L'objectif de cet outil est d'effectuer le choix optimal malgré les critères conflictuels. Cette méthode va nous permettre aussi de converger vers le **concept final**.

2. Application :

Voici, pour chaque fonction du sous-système mécanique, une matrice de Pugh permettant d'identifier le/ou les meilleurs concepts à l'aide des critères de sélection.

| Concepts | C1 | C2 | C3 | C4 |
|---|----------|-------|----------|----------|
| Spécifications d'ingénierie pertinentes de DFQ-1 | | | | |
| Imperméabilité | - | Datum | - | + |
| Choix du matériau | S | | S | + |
| Luminosité | - | | S | + |
| Emplacement des pièces | - | | - | - |
| Temps d'opération | - | | - | S |
| Durée de vie de McDAE | + | | + | + |
| Spécifications supplémentaires du CdCF | | | | |
| Coût du prototype | + | | - | - |
| Variation de la hauteur de la machine | + | | - | + |
| Total + | 3 | | 1 | 5 |
| Total - | 4 | | 5 | 2 |
| Total S | 1 | | 2 | 1 |
| | 8 | | 8 | 8 |

3. Analyse des

résultats :

Tableau 19: Matrice Pugh

| Concept | Critère | Description |
|---------|-------------------|--|
| C1 | Pointage | Nombreux points négatifs, très peu de positifs |
| | Forces | Optimisation de la surface, coût faible |
| | Faiblesses | Variation de la hauteur de la machine, ne permet pas une visualisation claire de la procédure. ne respecte pas les consignes d'ergonomie |
| | Décision | Éliminé |
| C3 | Pointage | Nombreux points négatifs, peu de points similaires |
| | Forces | La durée de vie de la McDAE |
| | Faiblesses | Emplacement des pièces sur la McDAE, ne permet pas une meilleure fixation d'endoscope, coût élevé. |
| | Décision | Éliminé |
| C4 | Pointage | Beaucoup de points positifs, meilleur pointage pour les similaires |
| | Forces | visualisation très claire de la procédure, grande imperméabilité, Durée de vie de McDAE, meilleur Emplacement des pièces. |
| | Faiblesses | Coût élevé. Temps de broissage élevé |

| Décision | Conservé |
|--------------------|------------------|
| Conclusion | |
| DATUM | C2 |
| Concepts éliminés | C1, C3 |
| Concepts conservés | DATUM (C2) et C4 |

Tableau 20: Description des critères des concepts

Il est clair, en analysant la matrice de Pugh, que le DATUM n'est pas le concept le plus performant. Le concept 4 semble posséder des caractéristiques qui remplissent les critères mieux que le DATUM.

En conclusion, le **concept 4** sera conservé.

Synthèse :

Le cahier des charges fonctionnel de la machine McDAE a été élaboré afin de déceler toutes les spécifications d'ingénierie qui sont utilisées pour la création de la maison de la qualité QFD. Cette maison avait pour objectif de déterminer les spécifications critiques indispensables pour le choix des concepts en regard des attentes du client. La méthode de PUGH a été utilisée afin de choisir le concept final de la partie hydraulique de la machine McDAE. Après l'étude du système hydraulique, on peut apporter des modifications au concept choisi s'il est nécessaire.

Chapitre 4 : Analyse d'ingénierie

Cette phase inclura une analyse d'ingénierie détaillée basée sur des calculs justifiés.

I. Etude détaillée des sous-systèmes

1. Sous-système de fixation

1.1. Cuve et porte

a. Géométrie :

C'est le corps de notre projet, il s'agit d'un assemblage composé de :

- ❖ **Une cuve** assemblée par soudage, son rôle pour la sûreté de l'installation est primordial, son intégrité doit être assurée et justifiée dans toutes les situations de fonctionnement de la machine et pour toute la durée de son exploitation, elle sert à soulever des charges importantes et d'empêcher les solutions utilisées de s'échapper vers l'extérieure, la base de la cuve est inclinée de 30° afin de faciliter l'évacuation. (Voir Annexe 3 p.95).
- ❖ **Une porte pivotante** : avec ouverture vers le haut, elle peut aller jusqu'à 160° et a simple pression de la main à l'aide de deux commutateurs charnière de sécurité (Voir Annexe4 p.96 Et 97) et elle est contournée par un joints pour éliminer la déviation des produits utilisés (Voir Annexe 5 p.98).
- ❖ **Une vitre fixe.** (Voir Annexe 6p.99).



b. Matériaux et technologie de fabrication :

- ❖ **La cuve** sera réalisée en acier inoxydable X2CRNIMO18-14-3, elle mesure 1150mm*700mm*400mm avec une épaisseur de 5mm, ces mesures sont dictées par le type d'endoscope par lequel la course de déplacement suivant **z**. Trous de fixation par boulonnage
- ❖ **La porte pivotante et la vitre** seront réalisées en plexiglas, Il s'agit d'une matière plastique appartenant à la famille des thermoplastiques, qui a pour propriétés d'être transparente et très résistante.

c. Calculs et justifications :

Aucun calcul d'ingénierie n'a été effectué pour la cuve et les portes.

Le plexiglas a été choisi selon plusieurs raisons :

- ❖ Sa forte résistance (densité de 1.19 g /cm³)
- ❖ Sa très grande transparence (indice optique = 1.49)
- ❖ Son poids léger
- ❖ Son aspect très lisse et brillant qui en fait de lui un matériau esthétique
- ❖ Son cout faible

L'INOX X2CRNIMO18-14-3 a été choisi selon plusieurs raisons :

- ❖ Sa forte résistance mécanique
- ❖ Sa forte résistance à la corrosion
- ❖ Sa longue durée de vie

1.2. Porte endoscope : partie tube d'insertion/Capteur à ultrasons

a. Géométrie :

Il s'agit d'un concept composé de deux pièces :

- **Crochet (1) :** Il permet le maintien d'endoscope pendant le cycle de Lavage, il suffit de le monter par une simple force.

Ces dimensions sont dictées par le type d'endoscope à nettoyer

- **Porte-crochet (2) :** Il consiste à positionner le crochet

Les deux composants sont soudés par cordon de soudage de type

congé de 2 mm et ils sont fixés par boulonnage (Voir Annexes 7 ,8 Et 9 p.100, 101

Et 102)au sommet de la cuve.

- **Capteur à ultrasons :** Il consiste à détecter la présence de l'endoscope (Voir Annexe 10 p.103).

b. Choix du matériau :

Ce porte-endoscope sera réalisé en **Acier allié inoxydable** de type X2CRNIMO18-14-3 selon plusieurs raisons :

- ❖ Sa forte résistance mécanique
 - ❖ Sa forte résistance à la corrosion
 - ❖ Sa longue durée de vie
- **Propriétés de l'acier allié inoxydable X2CRNIMO18-14-3 :**



| Référence du modèle | Propriétés |
|---|--|
|  | Nom: Acier allié inoxydable Limite d'élasticité: 2.41275e+008 N/m² Limite de traction: 4.48083e+008 N/m² Module d'élasticité: 1.9e+011 N/m² Coefficient de Poisson: 0.26 Masse volumique: 7300 kg/m³ Module de cisaillement: 7.8e+010 N/m² |

Tableau 21 : Propriétés de l'acier allié inoxydable X2CRNIMO18-14-3

c. Calculs et justifications :

i. Analyse statique :

➤ **Données :**

Le tableau ci-dessous montre les propriétés volumétriques des deux composants du porte-endoscope selon le matériau choisi :

| Porte endoscope | Traité comme | Propriétés volumétriques |
|--|-----------------|--|
| Crochet  | Corps volumique | Masse:0.0116016 kg Volume:1.58927e-006 m ³ Masse volumique:7300 kg/m ³ Poids:0.113696 N |
| Porte-crochet  | Corps volumique | Masse:0.748001 kg Volume:0.000102466 m ³ Masse volumique:7300 kg/m ³ Poids:7.33041 N |

Tableau 22: Propriétés volumétriques des deux composants du porte-endoscope

➤ **Force de poids du tube d'insertion sur le porte-endoscope :**

Le calcul de la force exercée du tube d'insertion sur le porte-endoscope permettra l'analyse du comportement mécanique de ce dernier :

P = m * g (N) avec :

- **m** : Masse d'endoscope (kg) (tube d'insertion)
- **g** : Accélération de pesanteur **g= 9.81 N/kg**

A.N:

P = 0.355 (kg) * 9.81 (N/ kg)

P = 3.4825 (N)

➤ Actions extérieures

• **Appui fixe par boulonnage**

Le porte-crochet est fixé par boulonnage avec un système boulon/écroue, le vis et l'écrou sont de diamètre 4 mm

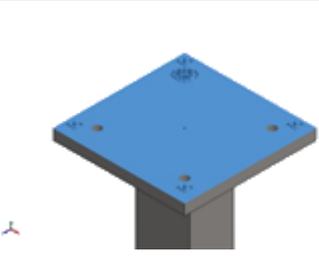
| Nom du déplacement impose | Image du déplacement imposé | Détails du déplacement imposé |
|---------------------------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités : 1 face(s) Type : Géométrie fixe |

Tableau 23: Analyse statique du porte-crochet

• **Force de contact:**

L'endoscope exerce une force **P=3.48 N** orientée vers le bas et répartie sur les parois intérieure du crochet, causée par l'effet de serrage. Le tableau ci-dessous montre les détails du chargement du crochet.

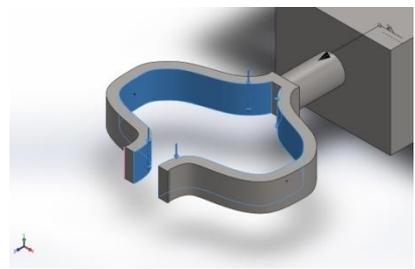
| Nom du chargement | Image du chargement | Détails du chargement |
|-------------------|---|---|
| <i>Force-1</i> |  | Entités : 2 face(s) Référence : Arête< 1 > Type : Force Valeurs : ---, ---, 3.48 N |

Tableau 24: Force exercée sur le crochet

ii. Résultat de l'étude :

La simulation de cet essai a été faite par le logiciel de simulation **SolidWorks**. Ce logiciel est très important dans le champ des simulations pour obtenir des résultats sur les diverses variables, et pouvoir comprendre le comportement des matériaux face aux charges exercées.

➤ **Contraintes :**

La figure ci-dessous montre l'analyse des contraintes par **SolidWorks simulation**, cette analyse permet par la suite de valider rapidement et de manière efficace la qualité, les performances et la sécurité du produit.

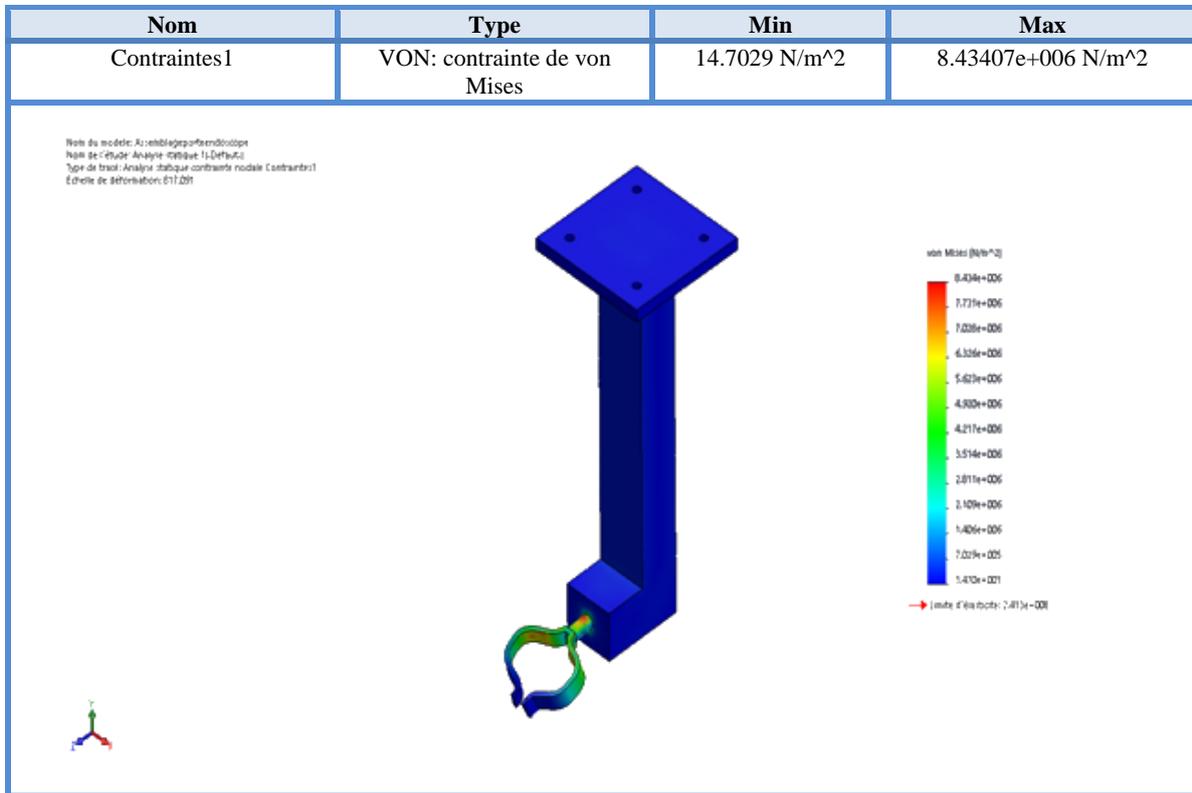


Figure 23 : Influence des lois de comportement sur la répartition des contraintes

➤ **Analyse :**

Les singularités du profil et les discontinuités géométriques, telle que la partie de raccordement entre les deux composants de l'assemblage induit des zones de concentration de contraintes (principalement longitudinales).

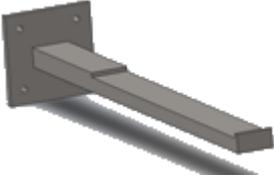
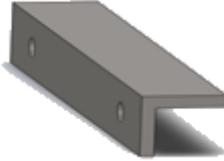
La Contraintes maximale engendrée par le déplacement est concentrée sur l'extrémité de la tige de crochet $\sigma_{max} = 8.434 \text{ MPA}$, cette valeur est largement inférieure à la limite d'élasticité $Re = 241 \text{ MPA}$ du matériau utilisé.

1.3. Porte endoscope : partie raccord lumière :

a. Géométrie :

Il s'agit d'un concept composé de deux pièces :



| Pièce | Propriétés volumétriques | Pièce | Propriétés volumétriques |
|---|---|--|--|
| Porte-panier  | Masse: 0.343081 kg Volume: 4.69973e-005 m ³ Masse volumique: 7300 kg/m ³ Poids: 3.36219 N Nombre de pièce : 2 | Ail panier  | Masse: 0.72634 kg Volume: 94987e-005 m ³ Masse volumique: 7300 kg/m ³ Poids: 7.11814 N Nombre de pièce : 2 |
| Panier  | Masse: 4.32556 kg Volume: 0.000592542 m ³ Masse volumique: 7300 kg/m ³ Poids: 42.3905 N Nombre de pièce : 1 | | |

- **Panier (1)** : Il permet de contenir l'endoscope

(Raccord lumière) pendant le cycle De Lavage, (Voir Annexe 11 et 12 p.104 et 105).

Il mesure 250 mm*200 mm*150 mm avec une épaisseur de 5 mm

Ces mesures sont dictées par les dimensions de la partie raccord lumière

- **Porte-panier (2)** : il se compose de deux barres fixées par

Boulonnage sur la paroi intérieure de la cuve, il sert à soulever le panier de ces deux extrémités. (Voir Annexe 13 p.106).

b. Choix du matériau :

Ce système sera réalisé en **Acier allié inoxydable** de type X2CRNIMO18-14-3 pour plusieurs raisons :

- ❖ Sa forte résistance mécanique
- ❖ Sa forte résistance à la corrosion
- ❖ Sa longue durée de vie

c. Calculs et justifications :

i. Analyse statique :

➤ Données :

Le tableau ci-dessous montre les propriétés volumétriques des composants du porte-endoscope selon le matériau choisi :

Tableau 25: propriétés volumétriques des composants du porte endoscope

- **Force de Poids :**

Le calcul de la force exercée du raccord lumière sur le panier permettra l'analyse du comportement mécanique de ce dernier :

$P = m * g$ (N) avec :

- **m** : Masse d'endoscope (raccord lumière)
- **g** : Accélération de pesanteur **$g = 9.81$ N/kg**

A.N:

$$P = 0.205 \text{ (kg)} * 9.81 \text{ (N/ kg)}$$

$$P = 2.01 \text{ (N)}$$

- **Force exercée sur le porte-panier :**

Le calcul de la force exercée sur le porte-panier permettra l'analyse de son comportement mécanique

$$F = P + P1 + 2*P2 \quad \text{avec}$$

- **P** : Force exercée du raccord lumière sur le panier) **$P = 2.01$ N**
- **P1** : Force de poids du panier **$P1 = 42.3905$ N**
- **P2** : Force de poids de l'ail-panier **$P2 = 7.11814$ N**

A.N :

$$F = 2.01 + 42.39 + 2* 7.11 \text{ (N)}$$

$$F = 58.62 \text{ (N)}$$

- **Actions extérieures**

- **Appui fixe par boulonnage**

Le porte-panier est fixé par boulonnage avec un système boulon/écrou, le vis a filetage et l'écrou sont de diamètre **4 mm**.

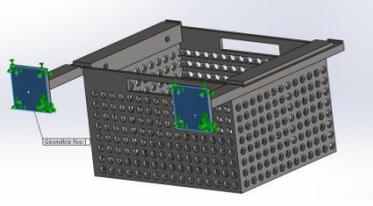
| Nom du déplacement imposé | Image du déplacement imposé | Détails du déplacement imposé |
|---------------------------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités: 2 face(s) Type: Géométrie fixe |

Tableau 26: Analyse statique du porte-panier

- **Force de contact :**

L'endoscope exerce une force **P= 2.05 N** orientée vers le bas et répartie sur la paroi intérieure du panier. L'assemblage panier et ailes-paniers exercent une force de poids **F = 58.62 (N)** sur le porte-panier. Le tableau ci-dessous montre les détails du chargement de l'assemblage.

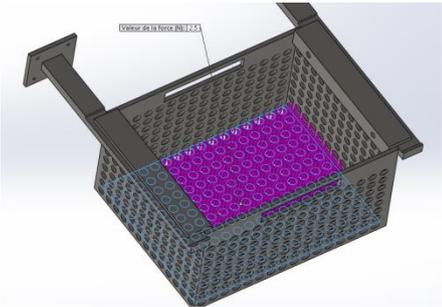
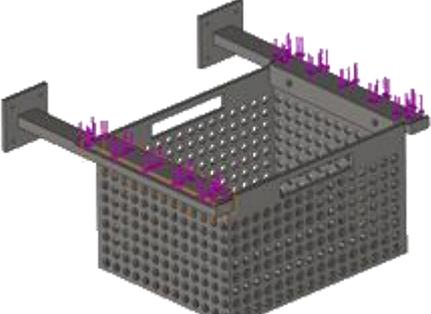
| Nom du chargement | Image du chargement | Détails du chargement |
|-------------------|--|---|
| Force-2 |  | Entités: 1 face(s) Type: Force normale Valeur: 2.5 N |
| Force-3 et 4 |  | Entités: 2 face(s) Type: Force normale Valeur: 58.62 N |

Tableau 27: Force exercées sur l'assemblage panier

ii. Résultat de l'étude :

La simulation de cet essai a été faite par le logiciel de simulation **SolidWorks**. Ce logiciel est très important dans le champ des simulations pour obtenir des résultats sur les diverses variables, et pouvoir comprendre le comportement des matériaux face aux charges exercées.

➤ **Contraintes :**

La figure ci-dessous montre l'analyse des contraintes avec **SolidWorks simulation**, cette analyse permet par la suite de valider rapidement et de manière efficace la qualité, les performances et la sécurité du produit.

| Nom | Type | Min | Max |
|-------------|------------------------------|--|--|
| Contraintes | VON: contrainte de von Mises | 143.098 N/m ² Noeud: 58205 | 7.37311e+006 N/m ² Noeud: 4264 |

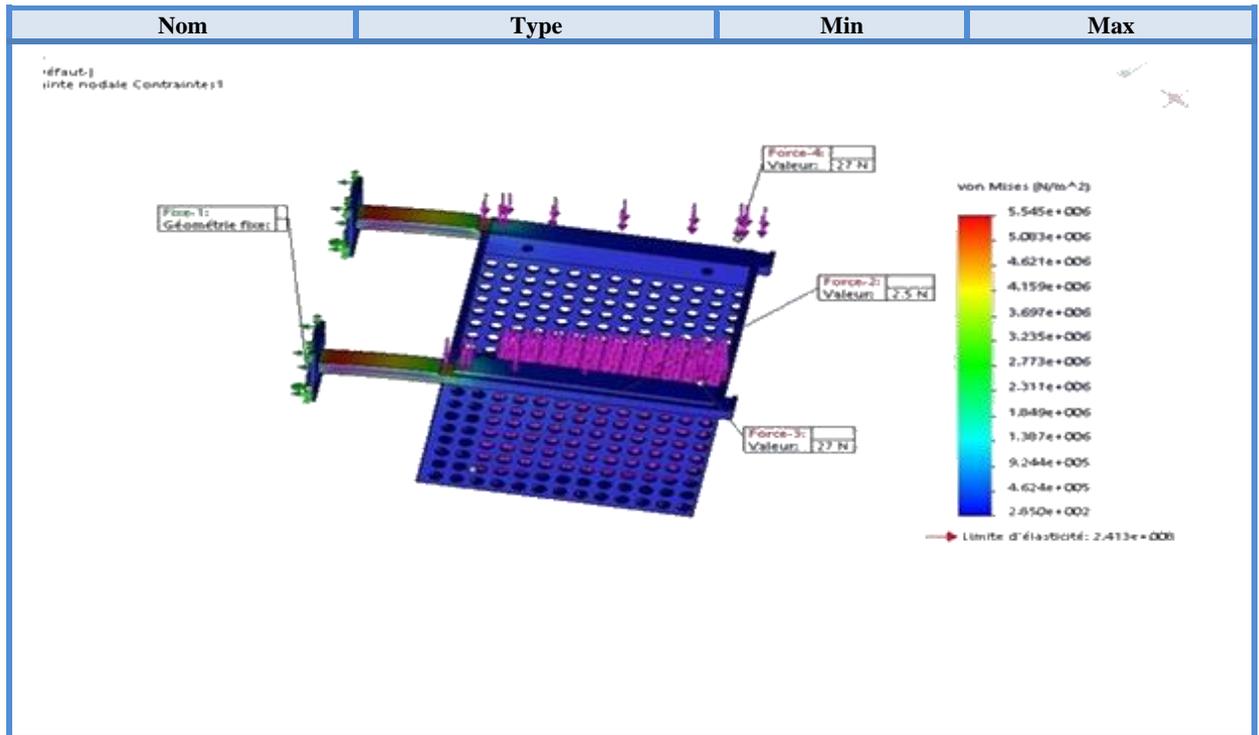


Figure 21: Assemblage panier-Analyse statique 1-Contraintes-

➤ **Analyse :**

La Contraintes maximale engendrée par le déplacement est concentrée sur l'extrémité de la barre du porte-panier $\sigma_{max} = 5.545 \text{ MPA}$, cette valeur est largement inférieure à la limite d'élasticité $R_e = 241 \text{ MPA}$ du matériau utilisé.

2. Sous-système de déplacement

2.1. Vis-écrou trapézoïdale :

a. Géométrie :

Il s'agit d'un concept composé de deux pièces :

- **Vis** : de type **TR14*4** (Voir Annexe 16 p.109).
- **Écrou** (Voir Annexe 17 p.110).
- **Bâti** : Support du système (Voir Annexe 18 p.111).
- **Glissière** : Liaison permettant la translation et le guidage de l'écrou par rapport au bâti. (Voir Annexe 19 et 20 p.112 et 113). Elle est fixée par boulonnage (Voir Annexe 21 et 22 p.114 et 115).



Sa fonction est de transformer le mouvement de **rotation** de la vis en un mouvement de **translation continue** de l'écrou (association avec une glissière).

b. Choix du matériau :

La vis et l'écrou seront réalisées en **Acier de construction non allié** pour sa forte résistance mécanique, le bâti et la glissière seront fabriqués en **Acier allié inoxydable** de type **X2CRNIMO18-14-3** pour sa forte résistance à la corrosion.

Propriétés de l'acier de construction (non allié) :

| Propriété | Valeur | Unités |
|------------------------|-----------|-------------------|
| Module d'élasticité | 2.1e+011 | N/m ² |
| Coefficient de Poisson | 0.28 | S.O. |
| Module de cisaillement | 7.9e+010 | N/m ² |
| Masse volumique | 7800 | kg/m ³ |
| Limite de traction | 399826000 | N/m ² |
| Limite de compression | | N/m ² |
| Limite d'élasticité | 220594000 | N/m ² |

Tableau 28: Propriétés de l'acier de construction (non allié)

c. Calculs et justifications :

i. Dimensionnement :

- Calcul du diamètre de noyau de la vis : $d = \sqrt[4]{\frac{I \cdot 64}{\pi}}$ (NOZAG, technique de transmission, 2015)

Avec **I** : Moment d'inertie en $I = \frac{F_m \cdot \vartheta \cdot (L \cdot 0.7)^2}{\pi^2 \cdot E}$

F_m : Charge maximale à supporter par la vis **F_m = 100 N** (estimée)

ϑ : Coefficient de sécurité **ϑ = 3**

L : Longueur de vis libre **L = 710 mm**

E : Module d'élasticité de l'acier non allié **E = 210 GPA**

A.N: $I = \frac{100 \cdot 3 \cdot (710 \cdot 0.7)^2}{\pi^2 \cdot 210000} = 35.788 \text{ mm}^4 \implies d = \sqrt[4]{\frac{35.788 \cdot 64}{\pi}} = 5.19 \text{ mm}$

Les dimensions de la vis seront donc d'après le catalogue des vis trapézoïdale (Réf : NOZAG, bases de conception, 2015)

- Diamètre de cœur = **9.5mm**
- Diamètre de flanc = **12 mm**
- Type **TR 14 * 4**

ii. Transmission d'effort :

- Calcul du couple pour lever la charge $C = \frac{F_e * D}{2} \left(\frac{p + f\pi D}{\pi D - fp} \right)$

Avec :

Fe : force exercée sur la vis **Fe = force du poids (Ecroû, porte-brosse, système brossage) + force de frottement**

Remarque : la force de frottement sera en fonction du type de contact entre la brosse et la paroi extérieure du tube d'insertion de l'endoscope, elle est négligeable par rapport à la force du poids.

Force de poids = 20 (N)

D : Diamètre du flanc **D= 12 mm**

P : Pas de la vis **P= 4 mm**

F : facteur de frottement de l'écrou avec la vis **f = 0.05 (NOZAG, 2015)**

$$\text{A.N: } C = \frac{20 * 0.012}{2} \left(\frac{0.004 + 0.05 * \pi * 0.012}{\pi * 0.012 - 0.05 * 0.004} \right) = 0.0188 \text{ N.m}$$

- Calcul du couple pour baisser la charge $C = \frac{F_e * D}{2} \left(\frac{f\pi D - p}{\pi D + fp} \right)$

$$\text{A.N: } C = \frac{20 * 0.012}{2} \left(\frac{0.05 * \pi * 0.012 - 0.004}{\pi * 0.012 + 0.05 * 0.004} \right) = - 0.0067 \text{ N.m}$$

Remarque : Le choix des caractéristiques du moteur pas à pas sera dicté par les couples calculés.

iii. Rendement $\rho = \frac{C_0}{C_f}$

Avec : **C0** : couple nécessaire en absence de frottement

$$C_0 = \frac{F_e * p}{2\pi} = \frac{20 * 0.004}{2\pi} = 0.0127 \text{ N.m (Réf : Systèmes vis-écrou pour transmission de puissance)}$$

Cf : couple nécessaire avec frottement = couple de levage **Cf = 0.0188 N.m**

$$\text{A.N: } \rho = \frac{0.0127}{0.0188} = 0.677$$

iv. Contraintes exercées sur la vis

La vis est sollicitée simultanément en :

$$\diamond \text{ Compression } \sigma = \frac{4Fe}{\pi d^2}$$

Fe : force exercée sur la vis

d : diamètre du noyau de la vis

$$\text{A.N: } \sigma = \frac{4 \cdot 20}{\pi \cdot 0.012^2} = 176.928 \text{ Kpa}$$

$$\diamond \text{ Cisaillement } \tau = \frac{16 \cdot C}{\pi d^3}$$

C : couple pour lever la charge **C = 0.0188**

$$\text{A.N: } \tau = \frac{16 \cdot 0.0188}{\pi \cdot 0.012^3} = 55.437 \text{ Kpa}$$

$$\diamond \text{ Contrainte équivalente } \sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

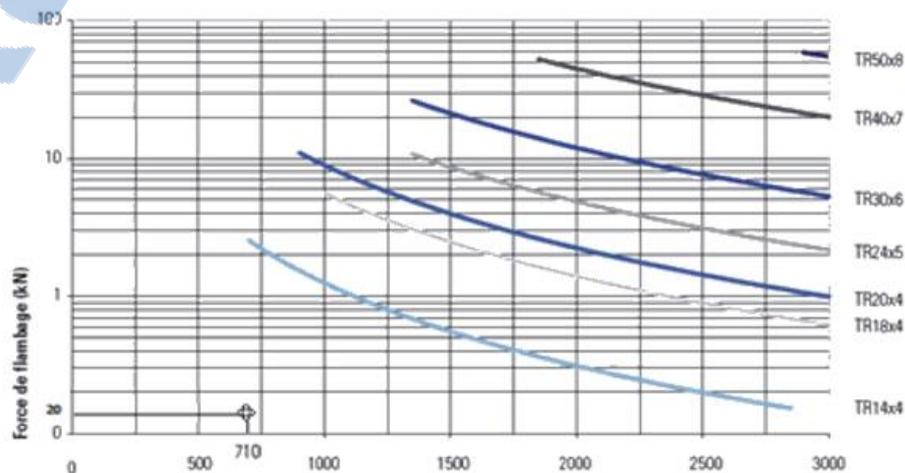
$$\text{A.N: } \sigma_{eq} = 511.857 \text{ Kpa} \ll Re = 210000 \text{ Mpa}$$

Avec

Re : Limite d'élasticité de l'acier **Re = 210 Mpa**

v. Etude de flambement :

La figure ci-dessous montre qu'il n'y aura pas une instabilité de structure durant le fonctionnement de la vis, ce qui implique que les dimensions choisies de la vis sont adaptés à notre mécanisme (**L=710 mm**, **D=14 mm**), car le point d'intersection se situe sous la courbe limite du diamètre de la vis choisie



Le tableau ci-dessous montre les références des écrous selon les dimensions de la vis :

| Référence | Dimensions | | | | | | |
|-----------------|------------|----------|-----------|-----------|-------------|--------------|----------------------|
| | Ø d (mm) | Pas (mm) | E (mm) | L (mm) | Nb de filet | Poids (Kgs) | S (mm ²) |
| EHA 10x2 | 10 | 2 | 17 | 15 | 1 | 0.023 | 150 |
| EHA 10x3 | 10 | 3 | 17 | 15 | 1 | 0.021 | 240 |
| EHA 12x3 | 12 | 3 | 19 | 18 | 1 | 0.027 | 296 |
| EHA 14x3 | 14 | 3 | 22 | 21 | 1 | 0.044 | 395 |
| EHA 14x4 | 14 | 4 | 22 | 21 | 1 | 0.044 | 395 |
| EHA 16x4 | 16 | 4 | 27 | 24 | 1 | 0.082 | 528 |
| EHA 18x4 | 18 | 4 | 27 | 27 | 1 | 0.084 | 553 |

Tableau 29: Références des écrous selon le type de vis

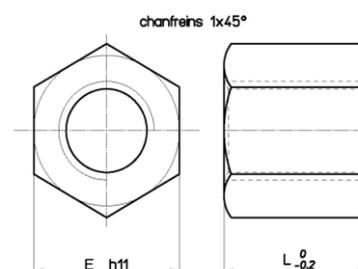


Figure 23: Dessin de l'écroue

Les dimensions de l'écrou adapté à la vis de type **TR 14*4** sont :

- **E = 22 mm, L = 21 mm, Poids = 0.044 Kg, S = 395 mm²**

2.2. Roulements

Pour permettre une rotation rapide de la vis avec un minimum de frottement, Deux roulements de type « **Roulement à billes - 6202-2RS-14-C3** » ont été **choisi**.

Notre choix de roulement à billes offre un faible frottement grâce au contact ponctuel. Ils supportent tous les types de charges (modérées à moyennes) : axiales, radiales et combinée/s. Avec une capacité plus ou moins grande à reprendre les défauts d'alignement

Le diamètre de roulement est dicté par la vis TR14*4. (Voir Annexe 23 p.116).



Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques techniques des deux **Roulement à billes - 6202-2RS-14-C3** :

| Catégorie : | Roulement à billes |
|--------------------|--------------------|
| Qualité | Générique |
| Diamètre intérieur | 14.00 mm |
| Diamètre extérieur | 35.00 mm |
| Epaisseur | 11.00 mm |
| Poids | 0.047 kg |
| N° EAN13 | 3663952115672 |

Tableau 30: Caractéristiques techniques des roulements - 6202-2RS-14-C3

2.3. Moteur pas à pas / Coupleur

2.3.1 Moteur pas à pas

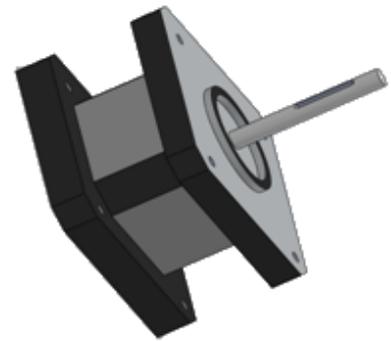
Le choix du type de moteur pas à pas adapté

à ce système est dicté par le couple de levage calculé

Avec $C_{levage} \leq C_{moteur}$ (Voir Annexe 24 p.117).

Le moteur pas à pas convenable à notre système sera de type

JK42HS40-1704-13A avec $C_{moteur} = 0.12 \text{ N.m}$ et $C_{levage} = 0.00188 \text{ N.m}$



- **Caractéristiques techniques :**

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques techniques du moteur **JK42HS40-1704-13A**

| Numéro de modèle | Angle d'étape (°) | Longueur de moteur (L) mm | Courant /Phase A | Résistance /Phase Ω | Inductance /Phase MH | Couple Moteur N.m | # des fils N° | Inertie de rotor g.cm | Masse Kg |
|------------------|-------------------|---------------------------|------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------|-----------------------|----------|
| JK42HS28-0604 | 1.8 | 28 | 0.6 | 8 | 10 | 0.12 | 4 | 27 | 0.15 |

Tableau 31: Caractéristiques techniques du moteur JK42HS40-1704-13A

- i. **Calcul de la vitesse de déplacement :** $V = \frac{P \cdot \omega}{2\pi}$ (Réf : cours mécanique, université bourgogne, 2002)

P : Pas de la vis

ω : Vitesse angulaire en rad/s $\omega = 700 \text{ tr/min} = 73.2083 \text{ rad/s}$ (donnée)

$$\text{A.N: } V = \frac{0.004 \cdot 73.2083}{2\pi} = 0.046 \text{ m/s}$$

- ii. **Temps de levage ou de baissement de l'écrou au long du tube d'insertion**

$$T = \frac{\text{Longueur du tube d'insertion}}{\text{Vitesse de déplacement}} = \frac{0.56 \text{ m}}{0.046 \text{ m/s}} = 12.17 \text{ s}$$



2.3.2 Coupleur

Ce coupleur en aluminium est de type **MD -25C**. Il est usiné de telle sorte qu'il dispose d'une "découpe" en spirale rendant le coupleur légèrement flexible.

Cette flexibilité permet à deux axes d'être couplés, même

s'ils ne sont pas parfaitement alignés (colinéaires). Il connectera

l'arbre moteur de diamètre 5mm avec la vis de diamètre 14 mm (Voir Annexe 25p.118).

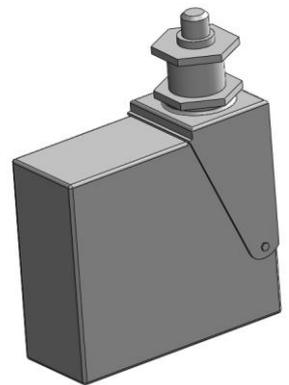
2.4 Capteurs de fin de course

Deux capteurs identiques de type **83581 Poussoir en bout télescopique**

Réf 835810 seront implantés dans notre machine, leurs rôles consiste

à limiter le début et la fin de course de l'écrou. (Voir Annexe 26. p.119).

Les tableaux ci-dessous montrent les caractéristiques techniques des deux capteurs :



- **Caractéristiques électriques :**

| Caractéristiques électriques | |
|--|---|
| Courant assigné d'emploi (Ie) | Standard : 8 A - 250 VAC Bi-niveau : 0,1 A - 250 VAC |
| Endurance électrique - Standard (cycles) | 8 A - 250 VAC : 40000 5 A - 250 VAC : 100000 |

Tableau 32: Caractéristiques électrique du moteur JK42HS40-1704-13A

- **Caractéristiques mécaniques :**

| Caractéristiques mécaniques | |
|------------------------------------|-----------------|
| Force de commande minimum (N) | 5 |
| Force de course totale minimum (N) | 20 |
| Course différentielle (mm) | 1 |
| Course travail minimum mm | 2,5 |
| Course totale maximum (mm) | 5 |
| Durabilité mécanique (cycles) | 10 ⁵ |
| Température d'emploi (°C) | -20 → +85 |
| Masse (g) | 40 |

Tableau 33 : Caractéristiques Mécaniques du moteur JK42HS40-1704-13A

3. Sous-système de brossage

3.1. Système engrenage / servomoteur

a. Géométrie :

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques

techniques des composants de ce mécanisme :

(Voir Annexe 14 et 15 p107 et 108.).

| | Module | Nombre de dents | Angle de pression (°) | Rainure | Diamètre nominale de l'arbre (mm) | Epaisseur (mm) | Diamètre moyeu | Longueur moyeu |
|----------------------|--------|-----------------|-----------------------|---------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Roue dentée 1 | 0,8 | 40 | 20 | Carrée | 7 | 10 | – | – |
| Roue dentée 2 | 0,8 | 40 | 20 | Aucune | 7 | 10 | – | – |
| Pignon | 0,25 | 45 | 20 | Aucune | – | 5 | 7 | 25 |

b. Choix du matériau :

- Les deux engrenages seront réalisés en plastique pour sa grande dureté et son faible coefficient de frottement permettent une utilisation polyvalente de ces roues dentées, même sous l'eau.
- Les deux bras seront réalisés en **plastique** afin de minimiser le poids.
- Les poils de la brosse seront en **fibre de tampico**, c'est une matière douce et disponible. Le choix de cette matière empêchera tout endommagement de l'endoscope durant le brossage.
(<http://ltamedical.com/gamme-produits-lta-medical/>)

c. Calculs et justifications :

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques techniques du servomoteur choisi :

| | Type | Alimentation | Course | Couple | Vitesse | Dimension | Poids |
|--------------------|----------|--------------|--------|-----------|-----------|-------------|-------|
| Servomoteur | HSR1425R | 4,8 à 6 Vcc | 360° | 2,8 kg.cm | 43 tr/min | 41*20*36 mm | 40 gr |

i. Calcul

Tableau 35: Caractéristiques technique du servomoteur HSR1425R

classique :

Puisque les deux roues dentées sont identiques :

- La vitesse d'entrée (N_e) = la vitesse de sortie (N_s)

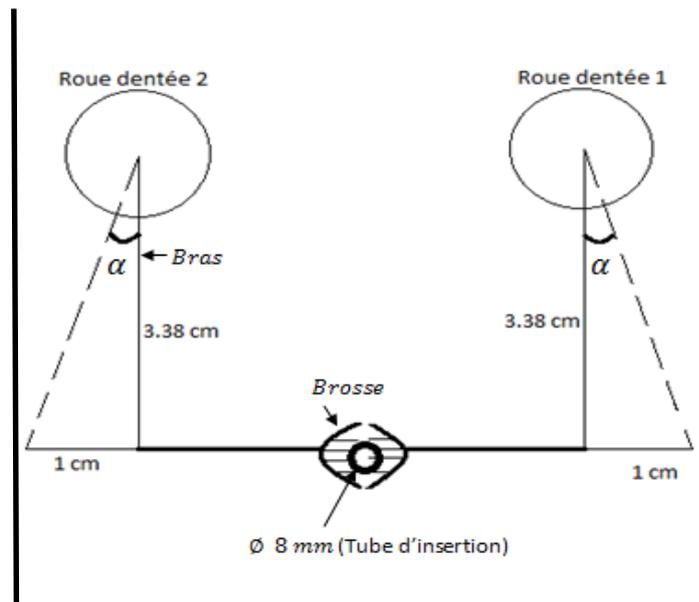
- Le rapport $r = Z \text{ menante} / Z \text{ menée} = 1$
- Couple moteur = couple de récepteur
- Puissance moteur = puissance réceptrice
- Le rendement global est de 100 % ($\rho = \frac{P_{\text{recepteur}}}{P_{\text{moteur}}} = 1$)

ii. Calcul d'angle de rotation du servomoteur (angle d'ouverture et de fermeture de la brosse) :

$$\tan \alpha = \frac{\text{Distance d'ouverture de la brosse}}{\text{Longueur du bras}}$$

$$\tan \alpha = \frac{1 \text{ (cm)}}{3.38 \text{ (cm)}} = 0.3$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.3 = 16.7^\circ$$



3.2. Assemblage écrou/porte brosse

a. Géométrie :

Cet assemblage est composé en deux pièces :

- Ecrou (1)
- Porte brosse (2)

Les deux composants sont assemblés par soudage avec

un cordon de soudure de 2mm

b. Choix du matériau :



Les deux pièces seront réalisées en **Acier allié inoxydable** de type X2CRNIMO18-14-3 pour les raisons suivantes :

- Sa forte résistance mécanique
- Sa forte résistance à la corrosion
- Sa longue durée de vie

c. Calculs et justifications :

i. Analyse statique :

➤ **Données :**

Le tableau ci-dessous montre les propriétés volumétriques des deux composants du porte-brosse selon le matériau choisi :

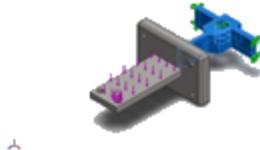
| Assemblage | Traité comme | Propriétés volumétriques |
|---|-----------------|---|
| Ecrue  | Corps volumique | Masse:0.31407 kg Volume:5.67219e-005 m ³ Masse volumique:7300 kg/m ³ Poids:3.06788 N |
| Porte brosse  | Corps volumique | Masse:1.28342 kg Volume:0.000244305 m ³ Masse volumique:7300 kg/m ³ Poids:12.4775 N |

Tableau 36: propriétés volumétriques des deux composants du porte-brosse

Force de poids exercée par le sous-système de brossage sur la porte brosse :

$P = m * g$ (N) avec

- **m** : Masse du sous-système de brossage **m = 0.25 Kg**
- **g** : Accélération de pesanteur **g= 9.81 N/kg**

A.N:

$P = 0.25$ (kg) * **9.81 (N/ kg)**

$P = 2.4525$ (N)

➤ **Actions extérieures**

- **Appui fixe**

En arrêt, l'assemblage des deux pièces est fixé de sa base par la vis et de ses extrémités droites et gauche par deux glissières.

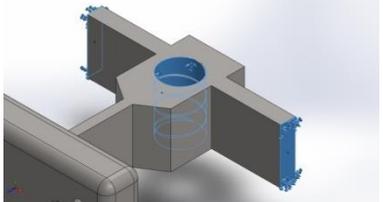
| Nom du déplacement imposé | Image du déplacement imposé | Détails du déplacement imposé |
|---------------------------|---|--|
| Fixe-1 |  | Entités: 3 face(s) Type: Géométrie fixe |

Tableau 37: Analyse statique du porte-brosse

- **Force de poids :**

Le sous-système de brossage exerce une force **P= 2.4525 N** orientée vers le bas et répartie sur la face de la porte brosse. Le tableau ci-dessous montre les détails du chargement du crochet.

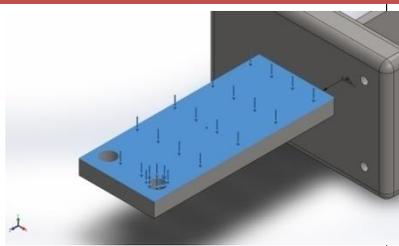
| Nom du chargement | Image du chargement | Détails du chargement |
|-------------------|---|--|
| Force-1 |  | Entités: 1 face(s) Type: Force normale Valeur: 2.4525 N |

Tableau 38: Force exercée sur le porte-brosse

ii. Résultat de l'étude :

La simulation de cet essai a été faite par le logiciel de simulation **SolidWorks**. Ce logiciel est très important dans le champ des simulations pour obtenir des résultats sur les diverses variables, et comprendre le comportement des matériaux face aux charges exercées.

➤ **Contraintes :**

La figure ci-dessous montre l'analyse des contraintes avec **SolidWorks simulation**, cette analyse permet par la suite de valider rapidement et de manière efficace la qualité, les performances et la sécurité du produit.

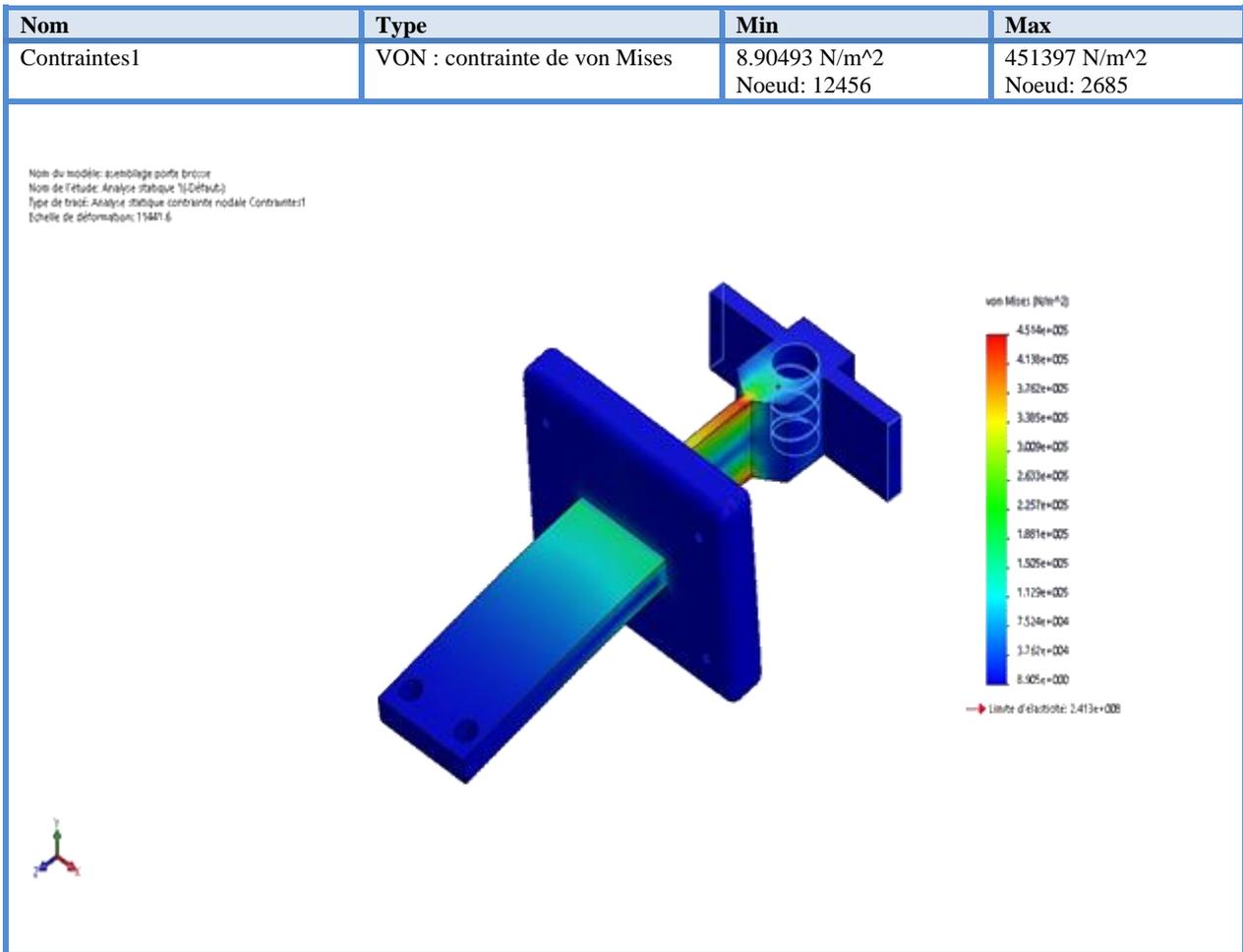


Figure 24: Assemblage porte brosse-Analyse statique 1 -Contraintes1

➤ **Analyse :**

La charge exercée sur l'assemblage engendre des zones de concentration de contraintes (principalement longitudinales).

La Contraintes maximale engendrée par le déplacement $\sigma_{\max} = 451397 \text{ Pa}$, cette valeur est largement inférieure à la limite d'élasticité $R_e = 241 \text{ MPA}$ du matériau utilisé.

4. Présentation schématique des sous-systèmes

4.1.Schéma numérique par SolidWorks :



Figure 25 : schéma numérique par solidworks du mécanisme brossage/déplacement

4.2. Groupes d'équivalence :

Les groupes d'équivalence de ce mécanisme sont les suivants :

- **Groupe 1** : bâti (support)
- **Groupe 2** : engrenage 1
- **Groupe 3** : engrenage 2
- **Groupe 4** : porte brosse
- **Groupe 5** : la vis

4.3. Représentation graphique des liaisons

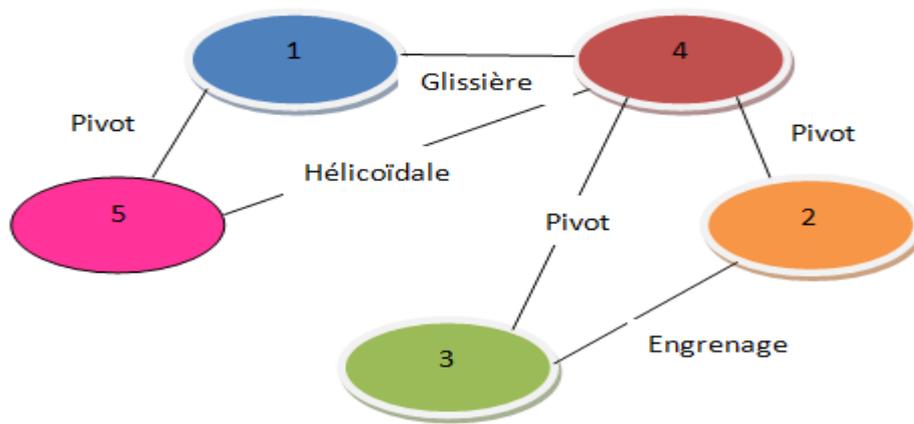


Figure 26: Représentation graphique des liaisons du mécanisme brossage/déplacement

4.4. Schéma cinématique

Le schéma cinématique est une représentation modélisée du mécanisme. Il nous permet de comprendre le fonctionnement du mécanisme. Le schéma cinématique du sous-système de déplacement est représenté dans la figure suivante :

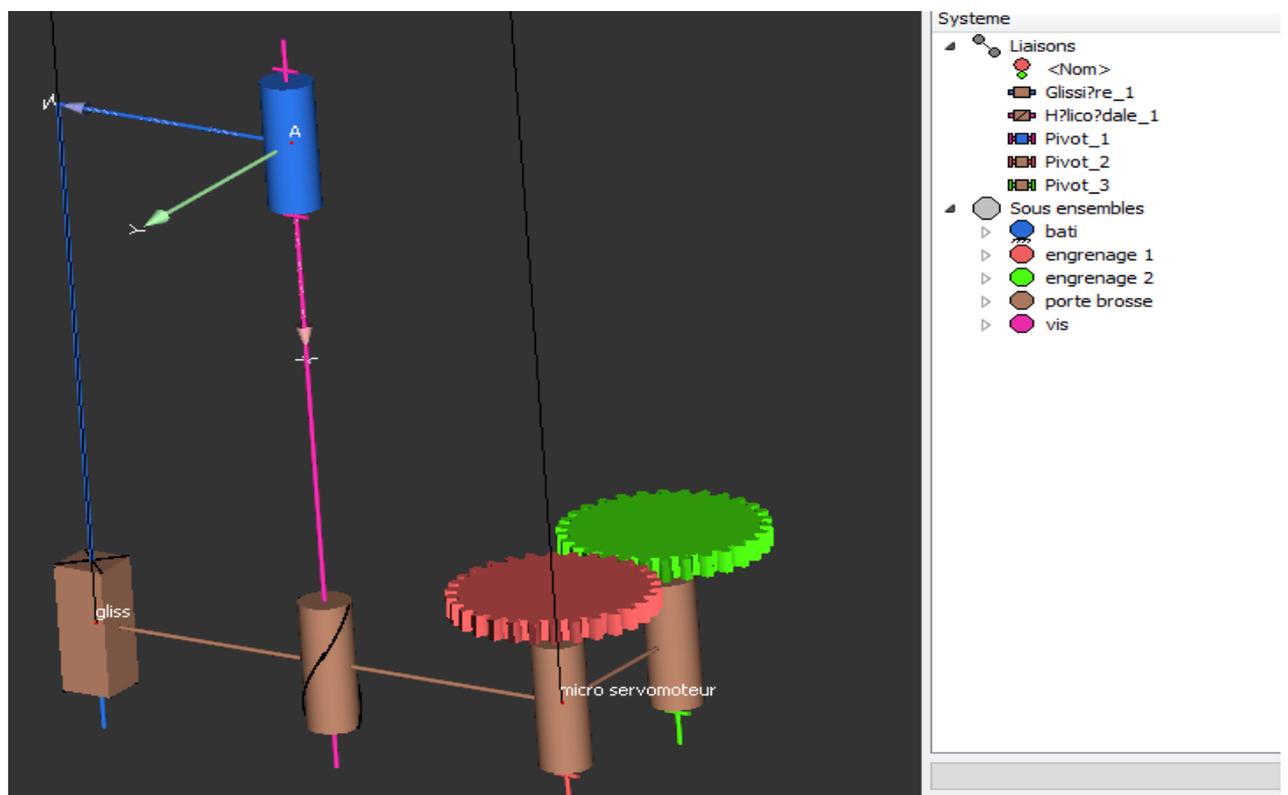


Figure 27: schéma cinématique fermée du mécanisme brossage/déplacement

Le système mécanique étudié est représenté par le schéma cinématique ci-dessus. Le mouvement d'entrée est une rotation de la vis imposée par un moteur pas à pas.

La pièce « porte brosse » est en liaison hélicoïdale avec la vis. Cette liaison engendre une translation tout au long de la vis par un moteur pas à pas. Les deux brosses se ferment sur le tube d'insertion en début de course par un système d'engrenage puis ils s'ouvrent à la fin de course.

5. Remarque générale :

➤ Fatigue

Dans notre système, les contraintes sont faibles et la durée de vie exprimée en nombre de cycle de notre matériau (acier inoxydable, acier ordinaire) est très grande. Ce qui implique que le matériau aura une durée de vie très longue, ou plutôt qu'il connaîtra une défaillance un jour, cela ne sera pas par fatigue, mais par un autre phénomène.

➤ Vibration

Le problème de vibration est inévitable, puisque la perfection n'existe pas dans les systèmes mécaniques. Pour notre machine, les vibrations sont **négligeables** parce que nous avons des mouvements précis ainsi que les conditions de fonctionnement sont constantes (vitesse de rotation et couple (la charge est constante)).

Le choix des moteurs utilisés dans notre machine, n'engendre pas des anomalies qui peuvent causer des vibrations ou du bruit.

Afin d'éviter toutes les problèmes concernant la vibration, nous procédons à une stratégie de surveillance consiste à mesurer, à l'aide de capteurs, le niveau global d'un ou de plusieurs indicateurs (déplacement, vitesse ou accélération), et suivre son évolution dans le temps et le comparer à des normes ou des mesures programmés. Ainsi, dans la phase de fabrication, il est préférable d'avoir une bonne finition de surface des pièces pour limiter le problème de déséquilibre.

II. Logigramme

Le logigramme permet de visualiser de façon séquentielle et logique les actions à mener et les décisions à prendre pour un bon fonctionnement de la machine.

1. Logigramme du fonctionnement de la partie brossage

La partie brossage est une étape cruciale dans le développement de cette machine, pour sa grande importance dans la fiabilité du nettoyage/désinfection des endoscopes souples, le diagramme ci –dessous montre le logigramme du fonctionnement de la partie brossage.



Figure 28: Logigramme du fonctionnement de la partie brossage

2. Logigramme du fonctionnement de la partie Nettoyage :

Cette partie à été réalisé en collaboration avec nos collègues occupés de la partie hydraulique, afin de mettre à terme un logigramme de la partie nettoyage et ensuite un schéma global du fonctionnement de la **McDAE**. Le schéma ci-dessous montre le logigramme du fonctionnement de la partie nettoyage :



Figure 29 : Logigramme du fonctionnent de la partie nettoyage

3. Logigramme du fonctionnement de la machine McDAE

Le schéma ci-dessous montre le logigramme du fonctionnement de la McDAE :



Figure 30 : Logigramme global du fonctionnement de la McDAE

Synthèse :

Après l'analyse d'ingénierie et l'élaboration du logigramme global du fonctionnement de la **McDAE**, une étude économique et un business model du projet seront déterminés au chapitre suivant.

Chapitre 6 : Etude économique & opportunité entrepreneuriat

L'évaluation économique est une étape cruciale dans notre projet, il vise à estimer les coûts des composantes de la machine (coût de prototype). Cette étude nous aide à élaborer un business model afin de décrire la logique générale de fonctionnement de notre projet et de sa stratégie.

I. Investissement du projet

Le coût d'un projet se divise généralement en deux parties :

- **Le coût d'étude** : c'est le coût engendré par le nombre d'heures travaillées pour mener à bien l'étude du projet.
- **Le coût de réalisation** : il comprend le coût des matières premières, le coût de montage et le coût de contrôle et essais.

Dans notre cas, on prendra en considération seulement les coûts de réalisation, une approximation des frais est nécessaire pour la réalisation de notre projet, afin de dégager le budget pour sa réalisation.

Les différents tableaux ci-dessous résument le coût d'investissement pour chaque sous-système :

1. Sous-système de déplacement :

| Composant | Désignation | Quantité | Prix unitaire (DH/TTC) |
|-----------------------|---|----------|------------------------|
| Vis sans fin ECROU | TR14*4 | 1 | 300 |
| | 11 S Mn Pb 37 EHA 14x4 | 1 | |
| Moteur pas à pas | JK42HS40-1704-13A | 1 | 250 |
| Roulement | 6202-2RS-14-C3 | 2 | 30 |
| Support | Acier allié | 1 | 120 |
| Coupleur | D'axe flexible en aluminium Rf : C12A044 | 1 | 80 |
| Guidages sur railles | LLRHS 15 A | 2 | 400 |
| Cout total | | | 1610 |

Tableau 39: Liste des composants du sous-système de déplacement

2. Sous-système de broissage :

| Composant | Désignation | Quantité | Prix unitaire (DH/TTC) |
|-------------------|--|----------|------------------------|
| Engrenage | Denture droite / à moyeu / en plastique | 2 | 50 |
| Micro servomoteur | HSR1425CR | 1 | 220 |
| Brosse | Fibre Tampico | 2 | 80 |
| Cout total | | | 480 |

Tableau 40: Liste des composants du sous-système de broissage

3. Sous-système de fixation :

| Composant | Désignation | Quantité | Prix unitaire (DH/TTC) |
|---------------------|------------------|----------|------------------------|
| Cuve | Acier inoxydable | 1 | 1500 |
| Porte endoscope | Acier inoxydable | 1 | 60 |
| Panier | Acier inoxydable | 1 | 100 |
| La carcasse | Acier allié | 1 | 700 |
| Boulonnerie | D4 | 12 | 5 |
| | D5 | 4 | 5 |
| | D3 | 5 | 10 |
| Cout de fabrication | Soudage/usinage | 1 | 400 |
| cout total | | | 2890 |

Tableau 41: Liste des composants du sous-système de fixation

4. Sous-système de Contrôle :

| Composante | Désignation | Quantité | Prix unitaire (DH/TTC) |
|------------------------|--|----------|------------------------|
| Arduino | L298P Arduino PWM | 2 | 200 |
| Capteur de position | 83581 Poussoir en bout télescopique Ref 835810 | 2 | 15 |
| Câblage électrique | Fils/connecteurs | - | 300 |
| Dispositif de sécurité | interepteurs | - | 250 |
| Panneau de contrôle | | 1 | 500 |
| Cout total | | | 1480 |

Tableau 42: Liste des composants du sous-système de contrôle

5. Cout total :

| Sous-systèmes | Prix |
|--------------------------------|-------------|
| Sous-système de déplacement | 1610 |
| Sous-système de brossage | 480 |
| Sous-système de fixation | 2890 |
| Sous-système de Contrôle | 1480 |
| Cout total du prototype | 6460 |

Tableau 43: investissement total du projet partie mécanique

II. Modèle économique

La majorité des innovations aujourd'hui sont des innovations basées sur des Business model innovants. Il était alors impératif de développer en plus de notre produit un business model innovant pour une meilleure réussite dans le marché. Aujourd'hui, les innovations radicales sont développées dans le cadre de la logique et du rationnelle d'une startup, même au niveau des grandes compagnies. Pour cela, on développe dans la suite, en utilisant les outils récents de l'entrepreneurship innovant, une vision du business model de notre startup pour la production et la vente de la machine **McDAE**.

1. Qu'est-ce qu'un modèle économique ?

Un modèle économique (ou business model en anglais) décrit précisément comment une entreprise va gagner de l'argent. En pratique, cela revient à définir ce qu'elle va vendre, auprès de quels clients, dans quel but, de quelle manière, et pour quel bénéfice. Autrement dit, il s'agit de décrire son activité.

La description du modèle économique est une des pièces maîtresses d'un projet de création d'entreprise. Elle remet au cœur des préoccupations d'entreprise, l'offre qu'elle va proposer à ses clients, et notamment la manière dont elle va la créer, la délivrer et engranger des bénéfices avec.

Mais il ne s'agit pas du seul avantage qui doit pousser l'entreprise à réaliser ce travail, la description de son modèle économique va lui permettre de :

- Déterminer les compétences dont elle a besoin, à acquérir personnellement ou auprès de partenaires ;
- Commencer à recenser les moyens matériels, immatériels, humains et financiers utiles à son lancement, à sa disposition et à rechercher ;
- Délimiter le périmètre de son étude de marché et définir les prémices de sa stratégie commerciale ;
- Esquisser les contours de son organisation en termes de production, de logistique, de gestion, etc.

Enfin, gardez à l'esprit l'objectif final d'un modèle économique, qui est de :

- Proposer une offre qui répond à un véritable besoin pour les clients,
- Se démarquer des autres, en innovant soit par l'offre proposée, l'usage qui en est fait, les moyens mis en œuvre, ou la stratégie commerciale.

2. Comment décrire un modèle économique ?

Pour ce faire, il existe différentes manières. La plus évidente, consiste à répondre par écrit aux questions suivantes :

- Quel est le produit ou le service qu'une entreprise souhaite proposer ?
- Quels sont les avantages du produit ou du service par rapport aux concurrents ?
- Qui sont ses clients et comment va-t-elle les toucher ?
- Quels moyens doit-elle mettre en œuvre pour créer le produit ou le service ?
- Quelles sont les principales dépenses et recettes générées par ses activités ?

Mais un « dessin » de son modèle économique est possible, en utilisant le **Business Model Canvas**.

3. Qu'est-ce que le Business Model Canvas ?

L'utilisation du Business Model Canvas repose sur une méthode développée par Alexander Osterwalder et Yves Pigneur dans leur ouvrage intitulé **Business Model Nouvelle Génération**. Il permet de représenter en une seule page, au travers d'un canevas, l'ensemble d'un modèle économique. Ou il est possible de jeter des idées sans travail fastidieux d'écriture, et coller des Post-it®, dessiner, raturer, lister des contacts, agraffer des notes, ... et passer ainsi de l'idée à l'action plus rapidement.

Un canevas complété, se révélera un sérieux atout pour la suite d'un projet. Il permettra de définir des priorités en faisant apparaître en un clin d'œil ce dont un projet a besoin, mais également les démarches à accomplir, pour progresser. Sa simplicité de présentation facilitera le dialogue avec les interlocuteurs et partenaires potentiels. Un bon dessin vaut mieux *qu'un* long discours !

Le Business Model Canevas comporte 9 briques qui traduisent les principaux aspects économiques d'une entreprise :

- Les clients ;
- L'offre ;
- Les canaux ;
- La relation client ;
- Les revenus ;
- Les ressources clés ;
- Les activités clés ;
- Les partenaires clés ;
- Les coûts.

- a. **Les clients** : la raison d'être de tout projet, au cœur de toutes ses attentions. il faut déterminer qui ils sont. Dans le cas où il y aurait plusieurs types de clients, on parlera de segments dès lors qu'ils auront des besoins distincts, des sensibilités différentes aux prix et aux moyens de communication qu'il peut employer, voire des habitudes de consommation spécifiques. En effet, les clients (ceux qui payent) ne sont pas toujours les utilisateurs des produits ou des services.
- b. **L'offre** : elle va bien au-delà du produit ou du service proposé. C'est ce qui incite un client à choisir une entreprise plutôt qu'une autre. Votre offre est-elle plus performante ? Plus esthétique ? Plus accessible ? Plus personnalisable ? Plus compétitive ? Etc. N'oubliez pas, elle doit résoudre avant tout un problème réel ou répondre à un besoin existant. Elle peut également révéler un nouveau besoin et le satisfaire : c'est le cas de l'innovation de rupture.
- L'offre est indissociable du client ciblé, le tandem ainsi créé est le fer de lance de votre entreprise.
- c. **Les canaux** : il s'agit de tous les moyens de communication et de distribution à mettre en place pour toucher les clients. Comment faire connaître l'offre, la vendre, la distribuer et en assurer le SAV ?
- d. **La relation client** : elle concerne tous les moyens employés, au-delà du produit ou du service vendu, pour assurer la fidélité des clients, en acquérir de nouveaux, faciliter l'acte d'achat, voire augmenter la fréquence d'achat. Il peut s'agir de fournir une assistance personnelle dédiée, un service de retour des marchandises, une carte de fidélité, etc.
- e. **Les revenus** : il s'agit de toutes les rentrées d'argent générées par les activités. Ils peuvent être ponctuels ou récurrents, fixes ou variables. Autrement dit : comment vont payer les clients ? Quand vont-ils payer ? Quel est le prix pratiqué selon les différents segments de clientèle ? A titre d'exemple : les prix sont-ils fixés en fonction des volumes, du temps passé ? S'agira-t-il d'un prix catalogue, d'un forfait, d'un abonnement, d'une location, dépendant d'une condition, d'un objectif ? Vos prix dépendent-ils de la rareté du produit ou du service ? Sont-ils négociables ? Etc.
- f. **Les ressources clés** : il s'agit de tous les moyens matériels, immatériels, humains, et financiers que l'entreprise doit réunir pour produire une offre répondant aux attentes de ses clients. Exemples : les salariés, le fonds de commerce, le mobilier, le matériel, les véhicules, le site internet, les ressources financières, les locaux, un savoir-faire, une compétence, une expertise, un fichier qualifié de prospects, une base de données, etc.
- g. **Les activités clés** : elles traduisent concrètement ce que fait l'entreprise. Par exemple, dire que l'on vend des vêtements n'est pas suffisant. En effet, une idée, si simple soit-elle, peut exprimer différentes réalités. S'agit-il de l'achat/revente de vêtements ou de la conception, fabrication et vente de vêtements ? Ou bien au contraire une place de marché internet où marques de mode et acheteurs se rencontrent ? Dans ce dernier cas l'activité réelle de l'entreprise consistera à gérer un site internet et un centre de logistique. Dans le cas de consultants, l'activité principale consiste à rechercher et à analyser des informations, et à préconiser des actions.
- h. **Les partenaires clés** : ce sont les alliés extérieurs de l'entreprise grâce auxquels elle peut faire évoluer et améliorer son offre. Il peut s'agir de fournisseurs, de sous-traitants, de

coproducteurs, d'intégrateurs, d'experts, etc. Le choix des partenaires est naturellement lié à la clientèle ciblée. Une bonne relation partenariale peut par ailleurs garantir certains avantages sur les concurrents : contrôle des prix, exclusivité d'un savoir-faire, maîtrise du cycle de production, etc. Convaincre des partenaires de travailler avec l'entreprise, mérite autant d'attention que de convaincre des prospects de devenir ses clients.

- i. **Les coûts** : il est enfin nécessaire d'évaluer l'ensemble des coûts indispensables au bon fonctionnement de l'activité décrite. Les coûts peuvent être variables, c'est-à-dire dépendre du niveau d'activité de l'entreprise ; ils augmentent au fur et à mesure que le chiffre d'affaires augmente (achat de marchandises, de matière première, etc.). Au contraire certains coûts sont fixes ; ce sont des dépenses incompressibles indépendantes du chiffre d'affaires (loyer, prime d'assurance, etc.

4. Business Model Canvas du projet

Afin de cartographier les éléments clés de notre projet et de les organiser en un tout, nous avons établi le BMC ci-dessous ;

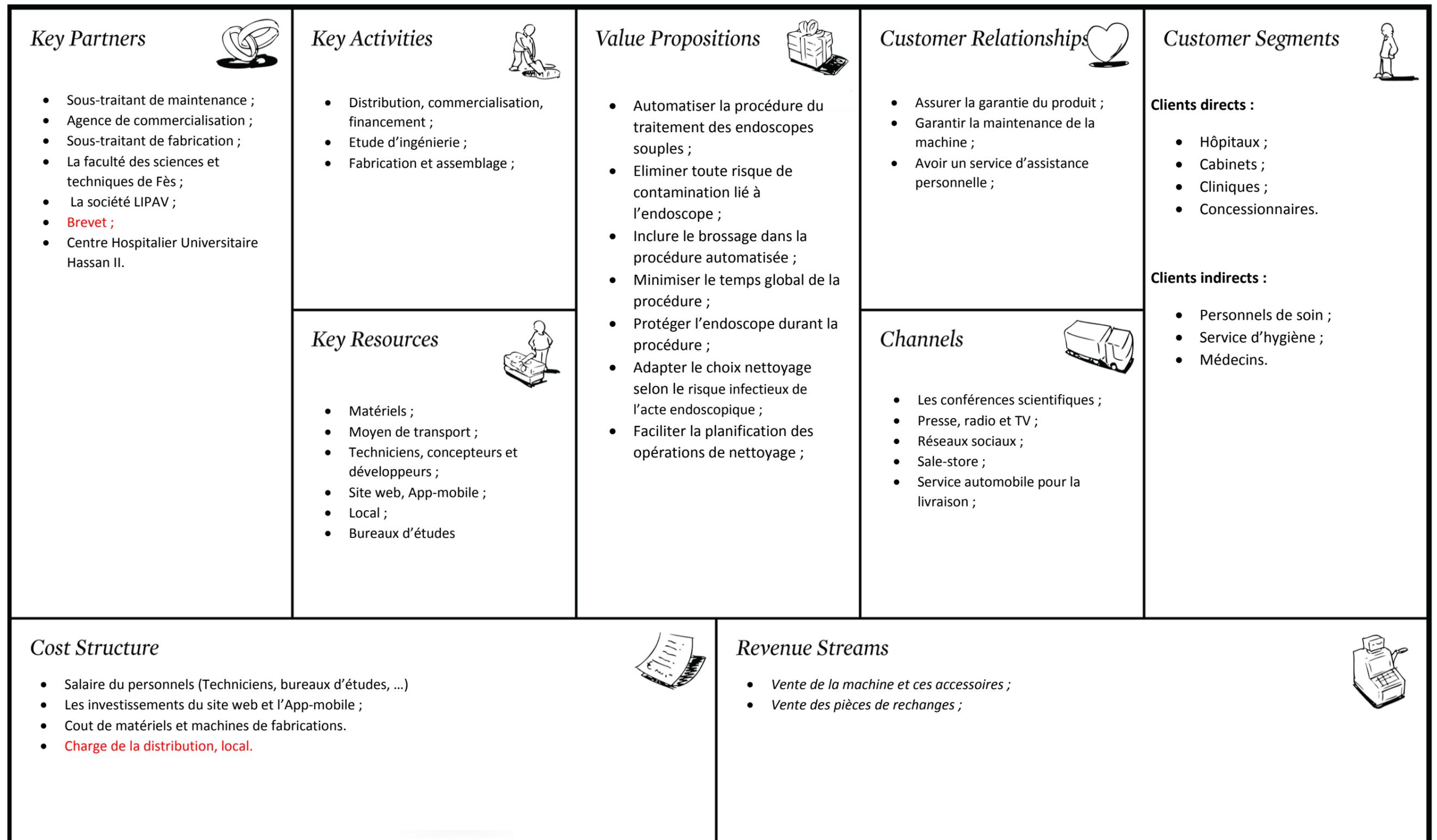


Figure 31: Business Model Canvas

Conclusion générale & perspectives

Tout d'abord nous tenons à signaler que nous avons mené ce travail en suivant une démarche précise allant de la définition de la problématique jusqu'à la solution final, Ceci s'est traduit évidemment par la mise en place d'un planning afin d'organiser notre travail.

Travailler sur ce projet a été une mission difficile, d'une part par la complexité des exigences imposé par le service hygiène qui demande une fiabilité maximale, et d'autre part par la durée de stage limitée imposé par l'administration de notre établissement, sachant que le développement d'une telle machine demande des années.

Cela n'empêche pas que le bilan concernant l'objectif du stage a été positif. L'ensemble des résultats et solutions de ce travail ont été validés ou bien améliorés par nos responsables.

Les indicateurs en termes de cout d'achat de la McDAE et de qualité du nettoyage/désinfection de l'endoscope souple utilisé dans le service pneumologie permettent de voir l'évolution et le développement de cette machine par rapport aux produits existants au marché.

En ce qui concerne notre expérience personnelle, on est pleinement satisfait de ce projet, on a eu la chance de se retrouver au sein d'une équipe dynamique qui inclut des cadres professionnelles, ce qui a grandement facilité notre tâche.

C'est une réelle opportunité pour nous d'avoir effectué ce stage de fin d'étude dans ce service, il nous a permis de montrer pleinement nos compétences dans un domaine qui nous intéresse particulièrement pour nos carrières à venir.

Pour conclure nous dirions que ce projet de fin d'étude au sein de LIPAV nous a apporté et nous offre des perspectives prometteuses. Ceci confirme notre envie de poursuivre dans le secteur de développement de produit spécialement dans le service hygiène. Enfin nous remercions M.Aboutajdine et M.Remmal qui nous ont fait confiance en nous permettant d'avoir une grande autonomie sur ce projet.

En termes de perspectives, la **McDAE** peut être enrichie par :

- ⇒ Augmentation de la capacité de la **McDAE** de recevoir plusieurs endoscopes à la fois.
- ⇒ Ajout des nouveaux services concernant le nettoyage/désinfection d'autres types d'endoscopes pour plus de satisfaction de client.

- ⇒ Possibilité de contrôle à distance à l'aide d'une application androïde qui inclut trois versions : arabe, française et anglaise
- ⇒ Ajout d'un plan de maintenance.
- ⇒ Amélioration de la partie automatisation
- ⇒ Obtention d'un brevet d'invention
- ⇒ Lancement de la machine au marché.

Abréviation

LIPAV : Laboratoire Industriel des Produits Agricoles et Vétérinaires

CdCF : Cahier de Charge Fonctionnel

McDAE : Machine de Désinfection Automatique d'Endoscope

RESEAU : Rechercher intuitive / Examen d'environnement / SAFE / Examen des mouvements et des efforts / Analyse d'un produit de service / Utilisation des normes.

SAFE: Sequential Analysis of Functional Elements

SFED : Société Française d'Endoscopes Digestives

FAST : Function Analysis System Technic

QFD : Qualité des Fonctions Développées.

BMC : Bisness Model Canvas.

Bibliographie

- Catalogue NOZAG technique de transmission, 2015.
- Catalogue linéaire (vis et écrou trapézoïdale) ECMU CSR.
- Centre de coordination de lutte contre les infections nosocomiales.
- Aide à la réalisation de l'analyse fonctionnelle dans le processus de développement de produit « département de génie mécanique Université de Sherbrooke »
- Le NIOCH « national institute for occupational safety and health, ETAT-Unis »
- Vérin Mécanique « MECANIC »
- Olympus « MANUEL DE BASE ENDOSCOPIE »
- Désinfection des endoscopes World Gastroenterology Organisation Practice Guidelines :
- La désinfection du matériel en endoscopie digestive SFED (société française d'endoscope digestive)
- Rapport de fin d'étude « Taoufik Aalouch et Jihad Elmesbahi » Faculté des sciences et techniques Fès, 2016
- Risque infectieux lié au matériel d'endoscopie et principes généraux, BIOTECH-GERMANDE, Marseille.
- Guide pour l'utilisation DESLAVEURS-DESINFECTEURS D'ENDOSCOPES. MINISTERE DE LA SANTE, DE LA FAMILLE, ET DES PERSONNES HANDICAPEES RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
- Exigences liées à la désinfection des endoscopes souples non autoclavables, Dr C. Gautier – ARLIN Aquitaine du CCLIN SO Juillet 2010
- Directives suisses pour le retraitement des endoscopes flexibles La Société Suisse de Pneumologie (SSP)
- AFSSAPS agence française de sécurité sanitaire des produits de santé Saint-Denis
- SURVEILLANCE DES MACHINES PAR ANALYSE VIBRATOIRE, Landolsi Foued
- ANALYSE BIOMÉCANIQUE DES ROTATIONS ANALYSE BIOMÉCANIQUE DES ROTATIONS

- ANALYSE BIOMÉCANIQUE DES ROTATIONS Prévost Pascal – Université Paris XII 2003.
- COURS DE MECANIQUE GENERALE ISAT - Institut Supérieur de l'Automobile et des Transports Université de Bourgogne - Nevers 2003
- Schaeffler France 67506 Haguenau Cedex
- Catalogue Roullivis swiss, juin 2007
- ELITEC techniques linéaires.
- Tutorial SolidWorks version 2014
- Tutorial MS Project version 2016
- Tutorial Photo filtre studio 2015

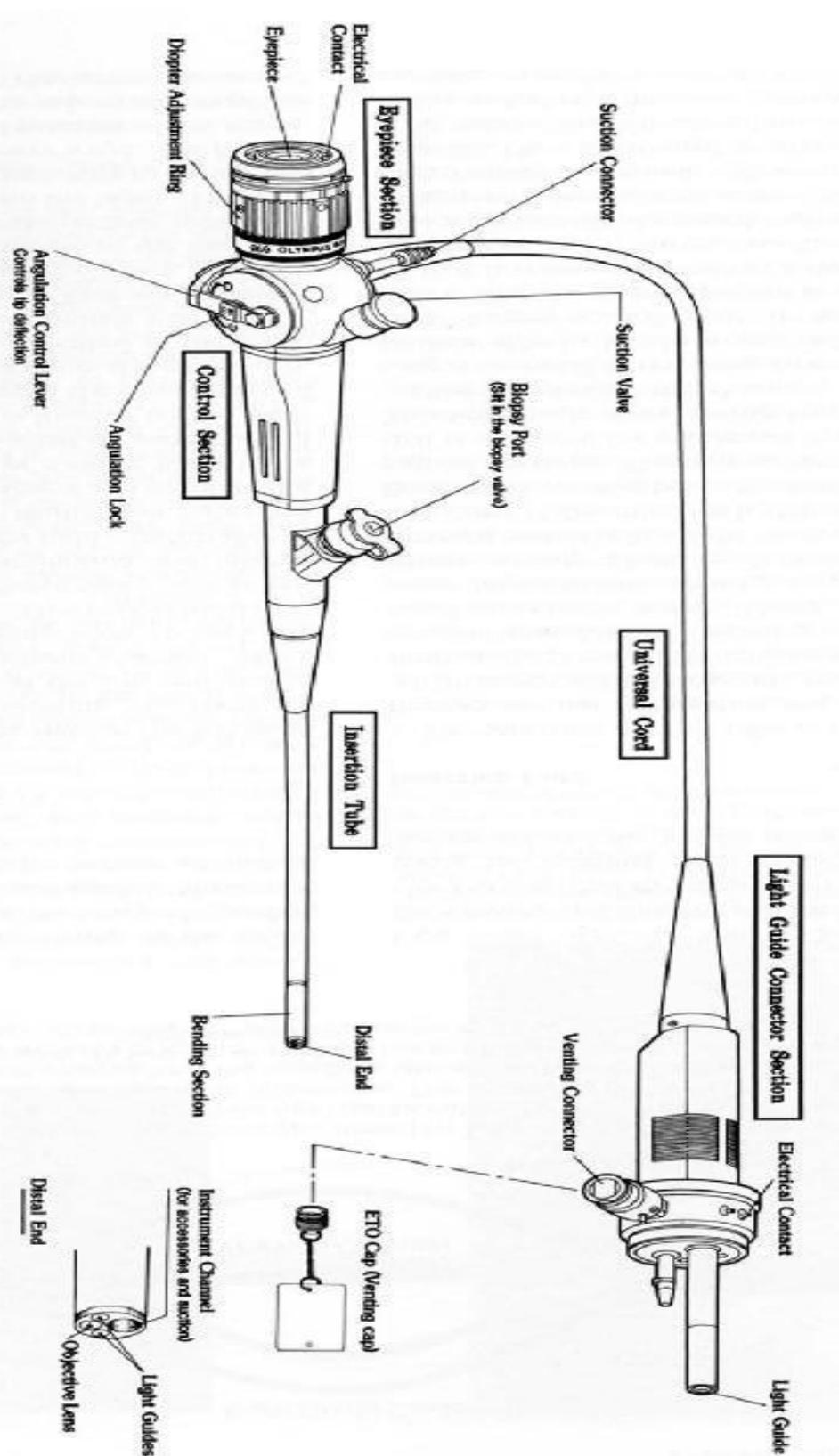
Webographie

- <https://www.123roulement.com/roulement-6202-2RS-14-C3.php>
- <http://www.crouzet.fr/catalogue/detecteurs-de-position-produit-speciaux-83581-poussoir-en-bout-telescopique-Ref-835810.htm>
- <https://www.amazon.fr/Tampico-Approx-Yerba-Prima-English/dp/B00016RIIA>
- <http://a2itronic.ma/fr/home/838-coupleur-d-axe-5mm.html>
- <http://www.robotshop.com/ca/fr/servo-hsr-1425cr-hitec.html>
- <http://www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/>
- <http://ltamedical.com/gamme-produits-lta-medical/>
- <http://www.schaeffler.com/>
- <http://www.rollvis.com/FR/>
- <http://www.gewinde.ch/files/Bases-de-calcul.pdf>
- <http://www.elitec-tl.com/>
- <http://www.groupe-lechevalier.com/>
- <http://www.mdp.fr/produits/catalogue/technologies-pas-a-pas-stepper.html>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Acier_inoxydable
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Acier>
- <http://www.gralon.net/articles/materiel-et-consommables/materiels-industriels/article-le-plexiglas--un-materiau-pratique-et-design-1093.htm>
- <http://www.leroymerlin.fr/v3/p/produits/coulisse-pour-tiroir-a-billes-hettich-10-kg-l-50-cm-e1400111206#avis-details>
- <http://notech.franceserv.com/flambement.html>
- <https://hbr.org/2015/01/what-is-a-business-model>
- <https://canvanizer.com/new/business-model-canvas>
- <http://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle&artid=54>
- <http://www.christenseninstitute.org/key-concepts/jobs-to-be-done/>
- <http://gestiondeprojet.pm/cours-analyse-fonctionnelle/>
- <http://www.innosight.com/services-expertise/expertise/jobs-to-be-done.cfm>
- <http://www.timken.com/fr-fr/products/Pages/Catalogs.aspx>

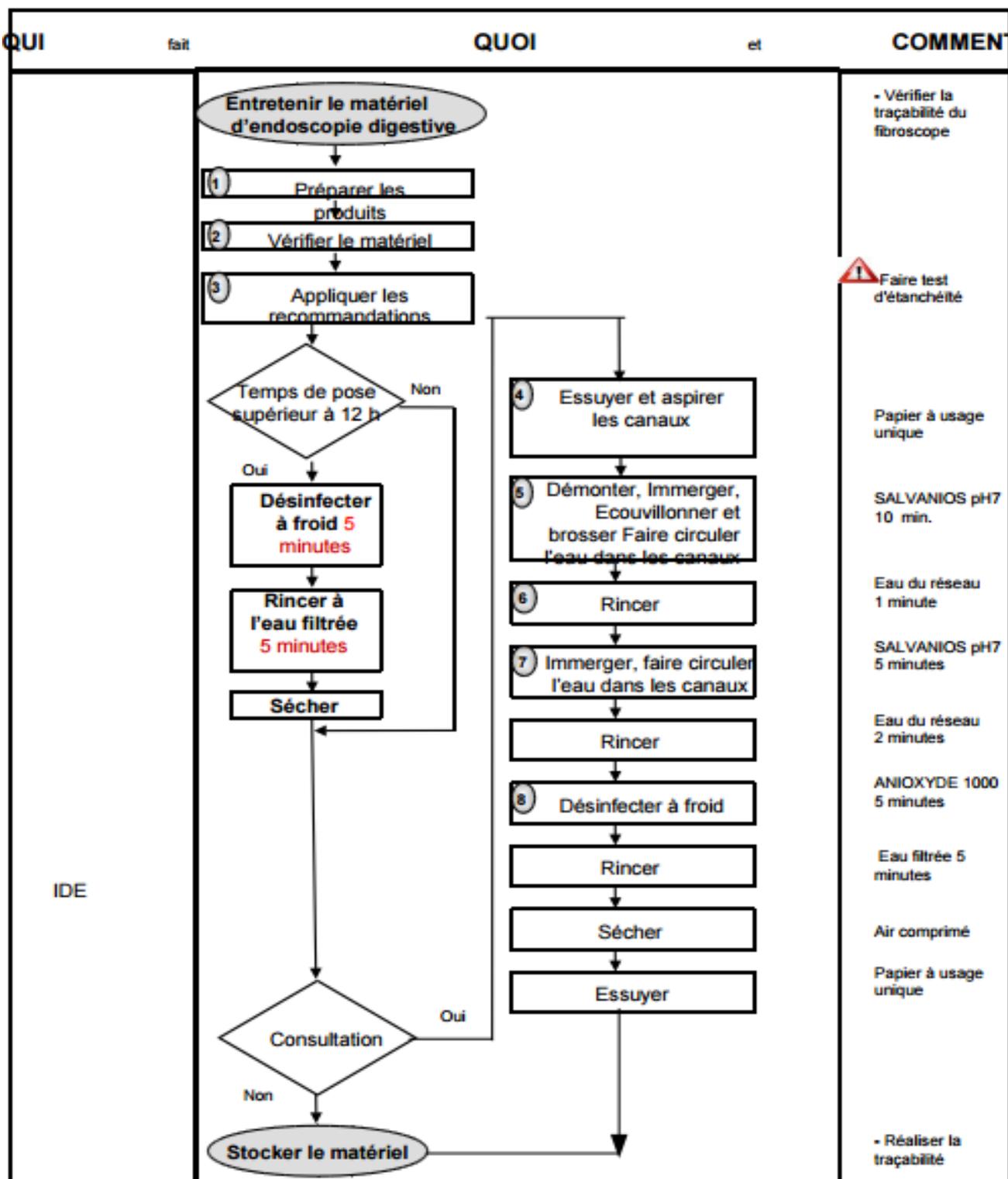
Table des annexes

| | |
|--|-----|
| Annexe 1: Endoscope souple utilisé dans le service pneumologie | 93 |
| Annexe 2: Logigramme de la procédure de traitement manuel des endoscopes souples | 95 |
| Annexe 3: Dessin technique de le cuve | 96 |
| Annexe 4: Fiche et dessin technique de la charnière de sécurité..... | 97 |
| Annexe 5: Dessin technique de la porte pivotante | 99 |
| Annexe 6: Dessin technique de la porte fixe | 100 |
| Annexe 7: Dessin technique du porte endoscope | 100 |
| Annexe 8: Dessin technique de vis D4..... | 102 |
| Annexe 9: Dessin technique de l'écrou D4 | 103 |
| Annexe 10: Caractéristiques et dessin technique du capteur à ultrasons..... | 104 |
| Annexe 11: Dessin technique du panier | 105 |
| Annexe 12: Dessin technique de l'ail panier | 106 |
| Annexe 13: Dessin technique du porte-panier..... | 107 |
| Annexe 14: Dessin technique du système brossage | 108 |
| Annexe 15: Dessin technique du micro-servomoteur de type HSR1425R..... | 109 |
| Annexe 16: Dessin technique de la vis..... | 110 |
| Annexe 17: Dessin technique de l'écroue | 111 |
| Annexe 18: Dessin technique de bâti du système vis-écrou..... | 112 |
| Annexe 19: Dessin technique de la glissière | 113 |
| Annexe 20: Dessin technique de la plaque glissante..... | 114 |
| Annexe 21: Dessin technique de vis D5..... | 115 |
| Annexe 22: Dessin technique de l'écrou D5 | 116 |
| Annexe 23: Fiche technique du roulement à bille de type 6202-2RS-14-C3 | 117 |
| Annexe 24: Fiche technique du Moteur pas à pas de type JK42HS40-1704-13A | 118 |
| Annexe 25: Fiche technique du coupleur MD-25C..... | 119 |
| Annexe 26: Caractéristiques et dessin technique du capteur poussoir Ref 835810 | 120 |

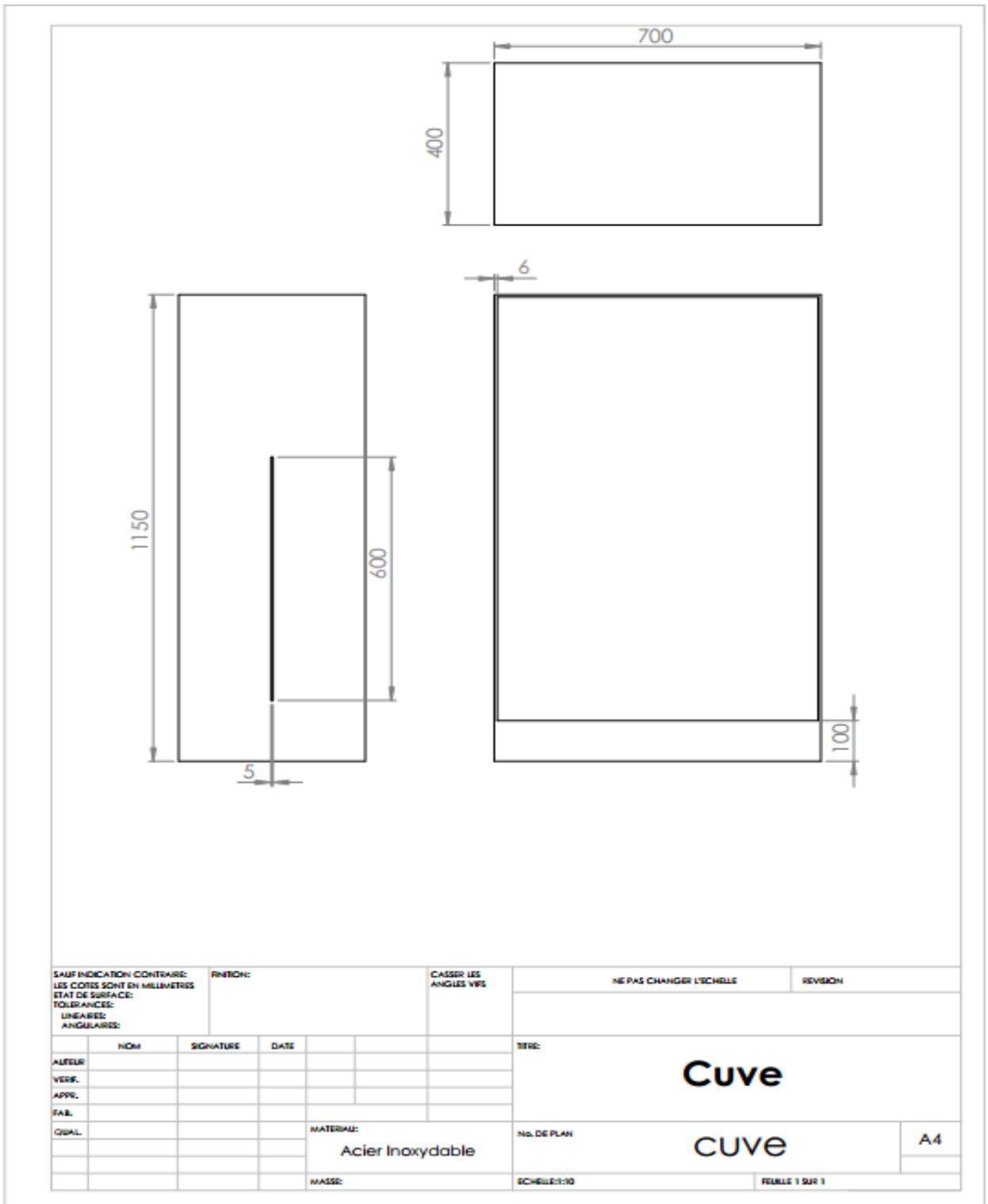
Annexe 1: Endoscope souple utilisé dans le service pneumologie



Annexe 2: Logigramme de la procédure de traitement manuel des endoscopes souples



Annexe 3: Dessin technique de la cuve



Switching diagram

1 NC contact
(Type B)



1 Changeover contact
(Type C)



Setting point freely selectable
in range from 0°... 225°

Tolerances:

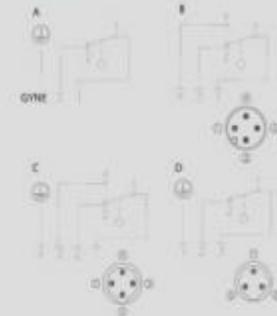
Switching angle (opening) +2.0°/-1.5°

Positive opening torque 10 %

Positive opening angle +0.5°/-3°

Switching angle hysteresis (closing of normally-closed contact -1.0°)
from typical hinge switch-off point

Connection drawing



Connection variant 1



Cable, PVC

Connection variant 2



Cable, PVC

Connection variant 3



Connector M12 x 1,
metal thread

Connection variant 4



Connector M12 x 1,
metal thread with
anti-tamper facility

Connection variant 5



Connector M12 x 1

Connection variant 6



Connector M12 x 1

Product selection

| Article number | Designation | Switching contact | Max. switching voltage | Type of voltage | Connection variant | | Required cable coupling / type | Remarks |
|----------------|---------------|----------------------|------------------------|-----------------|--------------------|-------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | radial | axial | | |
| 6019261011 | SHS-A1Z-KA 5 | 1NC | 230 V | AC/DC | 1 | Cable | | BG approval |
| 6019261014 | SHS-A1Z-KR 5 | 1NC | 230 V | AC/DC | Cable | 2 | | BG approval |
| 6019261017 | SHS-A1Z-SA-BG | 1NC | 230 V | AC/DC | 4 | M12 | A | BG approval |
| 6019261018 | SHS-A1Z-SR-BG | 1NC | 230 V | AC/DC | M12 | 6 | A | BG approval |
| 6019261009 | SHS-A1Z-SA | 1 Changeover contact | 230 V | AC/DC | | 3 | M12 | C |
| 6019261010 | SHS-A1Z-SR | 1 Changeover contact | 60 V | DC | M12 | 5 | | B |
| 6019261015 | SHS-A1Z-SA | 1 Changeover contact | 60 V | DC | | 3 | M12 | B |
| 6019261016 | SHS-A1Z-SR | 1 Changeover contact | 230 V | AC/DC | M12 | 6 | | C |
| 6019291013 | SHS-OZ | | | | | | | Blank hinge |

Technical data

| Electrical data | |
|------------------------------|---|
| Rated insulation voltage | U _i 250 V |
| Rated surge voltage strength | U _{sur} 2.5 kV |
| Thermal current | I _{th} 3 A |
| Rated operating voltage | U _e 230 V AC; 60 V DC |
| Utilization category | AC-15, 230 V AC/1.5 A; |
| Positive opening | ☺ conforming to IEC/EN 60947-5-1, Addendum K |
| Short-circuit protection | Fuse 4 A gL/gG |
| Mechanical data | |
| Switch | GD-Zn |
| Ambient temperature | -25°C to +70°C (Connection cable installed) |
| Mechanical service life | 10 ⁶ switching cycles |
| B10d | 2 mil. |
| Switching frequency | max. 1200 switching cycles/hour |
| Mounting | 4x M6 screws DIN 7984 or DIN 6912 |
| Type of connection | Fixed connection cable, 3 x 0.5 mm ² x 5 m (AWG20), minimum bending radius = 25 mm |
| Weight | approx. 0.7 kg (cable variant) approx. 0.4 kg (connector and blank hinge variant) |
| Installation position | Any |
| Protection class | IP 67 as per IEC/EN 60529 |
| Switching angle | ± 3° from setting point |
| Positive opening angle | ± 10° from setting point |
| Positive opening torque | 1.5 Nm |
| Mechanical load | F ₀₁ = max. 1000 N, F ₀₂ = max. 500 N, F ₂ = max. 750 N |

CONFIDENTIEL

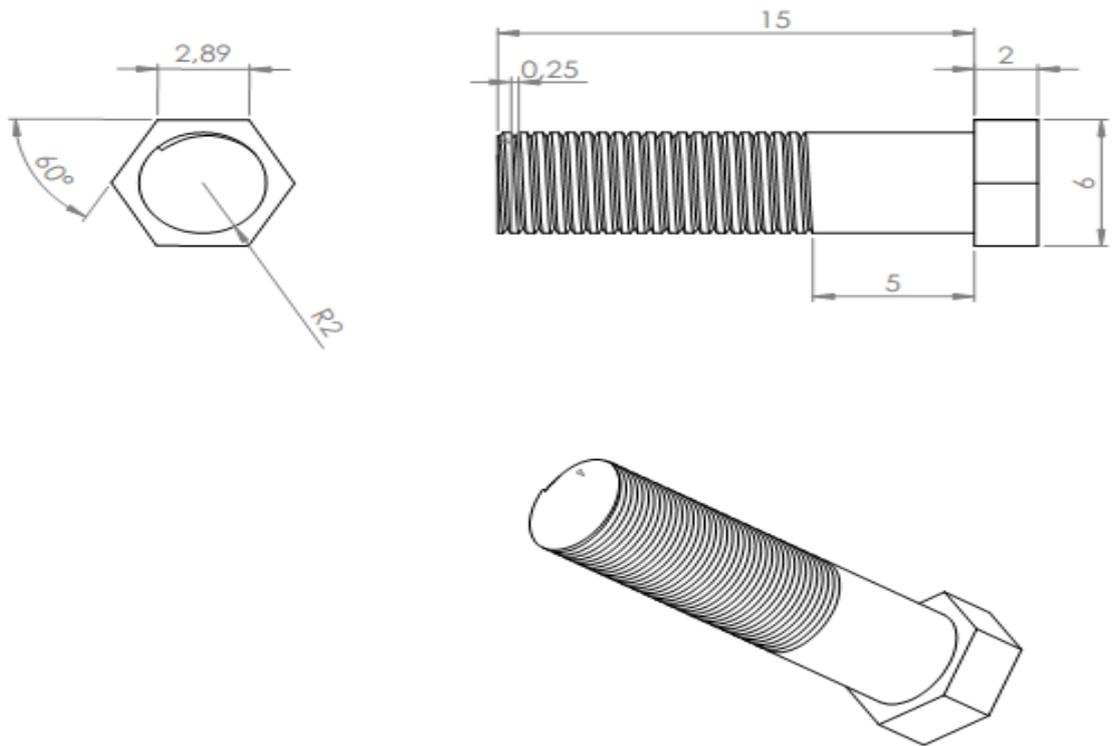
Annexe 6: Dessin technique de la porte fixe



Annexe 7: Dessin technique du porte endoscope

CONFIDENTIEL

Annexe 8: Dessin technique de vis D4



| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----------|-----------|--|--------------------------|--------|------------------------------|--|----------|--|--|-----------------|--|
| SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: | | | FINITION: | | CASSER LES ANGLES VRS | | NE PAS CHANGER L'ECHELLE | | REVISION | | | | |
| TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES: | | | | | | | | | | | | | |
| AUTEUR | NOM | SIGNATURE | DATE | | | | Titre: Vis D4 | | | | | | |
| VERIF. | | | | | | | No. DE PLAN Vis D4 | | | | | | |
| APPE. | | | | | | | | | | | | | |
| FAB. | | | | | | | A4 | | | | | | |
| QUAL. | | | | | | | Echelle: 1 | | | | | | |
| MATERIAU: Acier non allié | | | | | | MASSE: | | | | | | FEUILLE 1 SUR 1 | |

Annexe 9: Dessin technique de l'écrou D4

SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES
ETAT DE SURFACE:
TOLERANCES:
LINEAIRES:
ANGULAIRES:

FINITION:

CASSER LES ANGLES VUS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

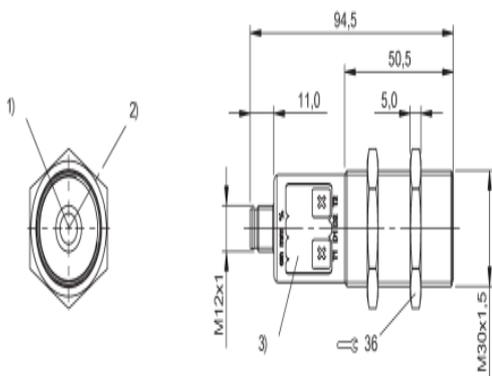
REVISION

| | NOM | SIGNATURE | DATE | | TITRE: |
|--------|-----|-----------|------|-------------------------------------|---------------------------------|
| AUTEUR | | | | | Ecroue D4 |
| VERIF. | | | | | |
| APPR. | | | | | |
| FAB. | | | | | |
| QUAL. | | | | | |
| | | | | MATERIAU: Acier non allié | N° DE PLAN: ecroue D4 |
| | | | | MASSE: | ECHELLE:10:1 |

| |
|----|
| A4 |
|----|

| |
|-----------------|
| FEUILLE 1 SUR 1 |
|-----------------|

Annexe 10: Caractéristiques et dessin technique du capteur à ultrasons



1) Axe convertisseur à ultrasons 2) Départ de connecteur 90° 3) Zone d'affichage et de commande

Caractéristiques mécaniques

Fermer ▼

Caractéristiques électriques

Fermer ▼

| | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| Compensation de température | yes, can be disengaged | Consommation de courant max. | 80 mA |
| Dérive thermique typ. | < 2 % (0,17 %/°C sans comp.) | Courant de sortie max. | 200 mA |
| Fidélité de répétition | ±0,15 % | Fonction de commutation | Contact à fermeture / ouverture (NO/NF) |
| Matériau boîtier | Laiton, PBT, TPU | Fréquence de commutation f | 25 Hz |
| Matériau face sensible | Mousse de PU, résine époxy, verre | Fréquence ultrasonore | 320 kHz |
| Modèle | Cylindre, transducteur droit | Hystérésis H max. | 3 mm |
| Portée max. | 350 mm | Mode de fonctionnement | Barrage à réflexion Détecteur à réflexion (point d'action) Détecteur à réflexion (fenêtre) |
| Portée min. | 30 mm | Ondulation résiduelle | ±10 % |
| Portée Sn | 250 mm | Sortie de commutation | PNP (1x) |
| Protection de surface | nickelé | Synchronisation | internal, max. 10 sensors |
| Résolution | 0.025 mm | Temps de réponse max. | 32 ms |
| Température de service max. | +70 °C | Tension d'emploi nom. Ue DC | 24,0 V |
| Température de service min. | -25 °C | Tension d'emploi UB max. DC [V] | 30 V DC |
| Température de stockage max. | 85 °C | Tension d'emploi UB min. DC [V] | 9 V DC |
| Température de stockage min. | -40 °C | Type de raccordement | Connecteurs |
| Type de connecteur | M12x1-S92 | | |
| Type de fixation | Ecrou M30x1,5 | | |

CONFIDENTIEL

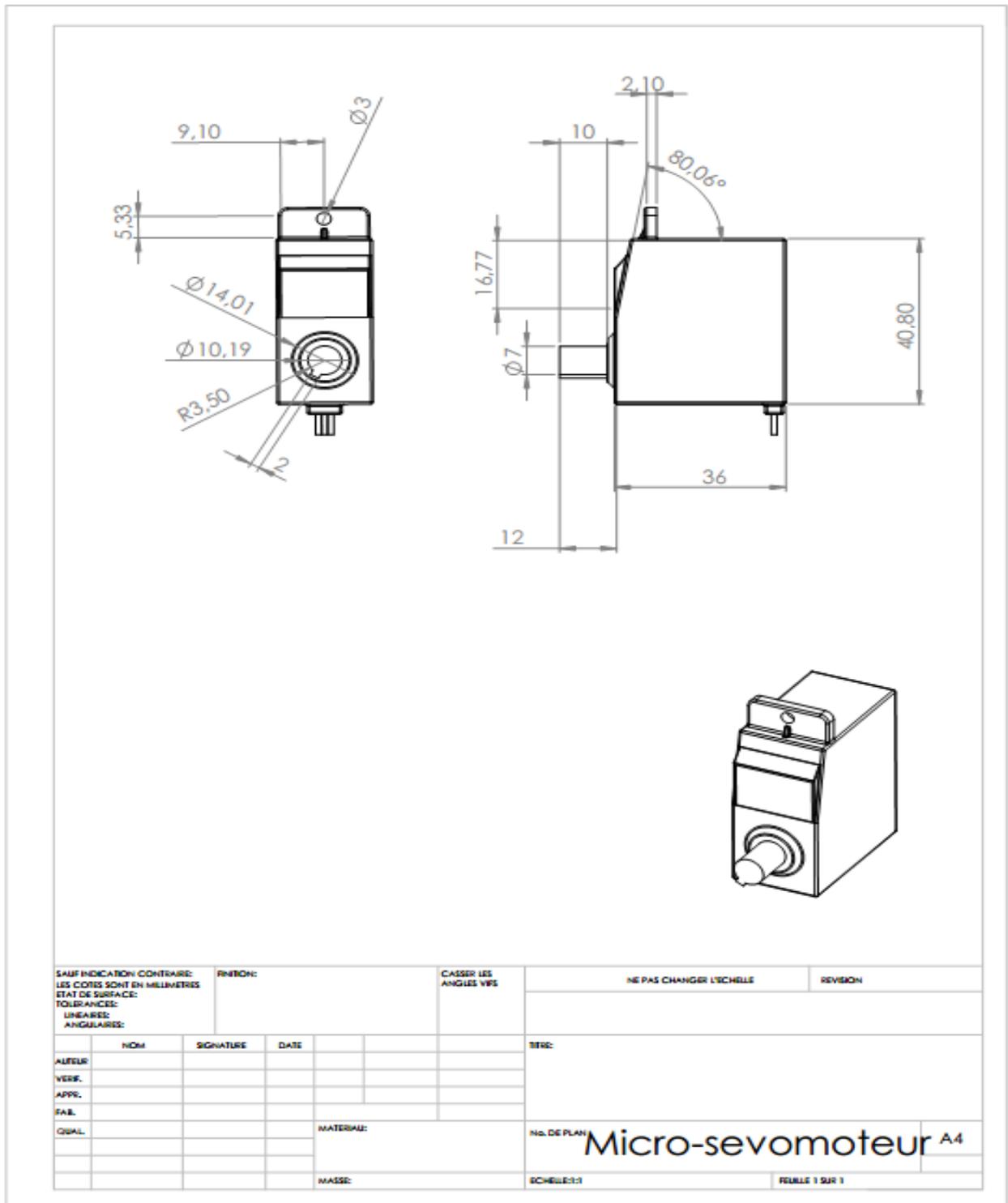




Annexe 14: Dessin technique du système brossage



Annexe 15: Dessin technique du micro-servomoteur de type HSR1425R



Annexe 16: Dessin technique de la vis

$\varnothing 14$



| | | | | | | | | | |
|---|-----|-----------|------|---------------------------|--|--------------------------|--|-----------------|--|
| SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES: | | FINITION: | | CASSER LES ANGLES VIFS | | NE PAS CHANGER L'ECHELLE | | REVISION | |
| AUTEUR | NOM | SIGNATURE | DATE | | | TITRE: | | | |
| VERIF. | | | | | | | | | |
| APPE. | | | | | | | | | |
| FAB. | | | | | | | | | |
| QUAL. | | | | MATERIALE: | | No. DE PLAN | | A4 | |
| | | | | MASSE: | | ECHELLE:1:10 | | FEUILLE 1 SUR 1 | |

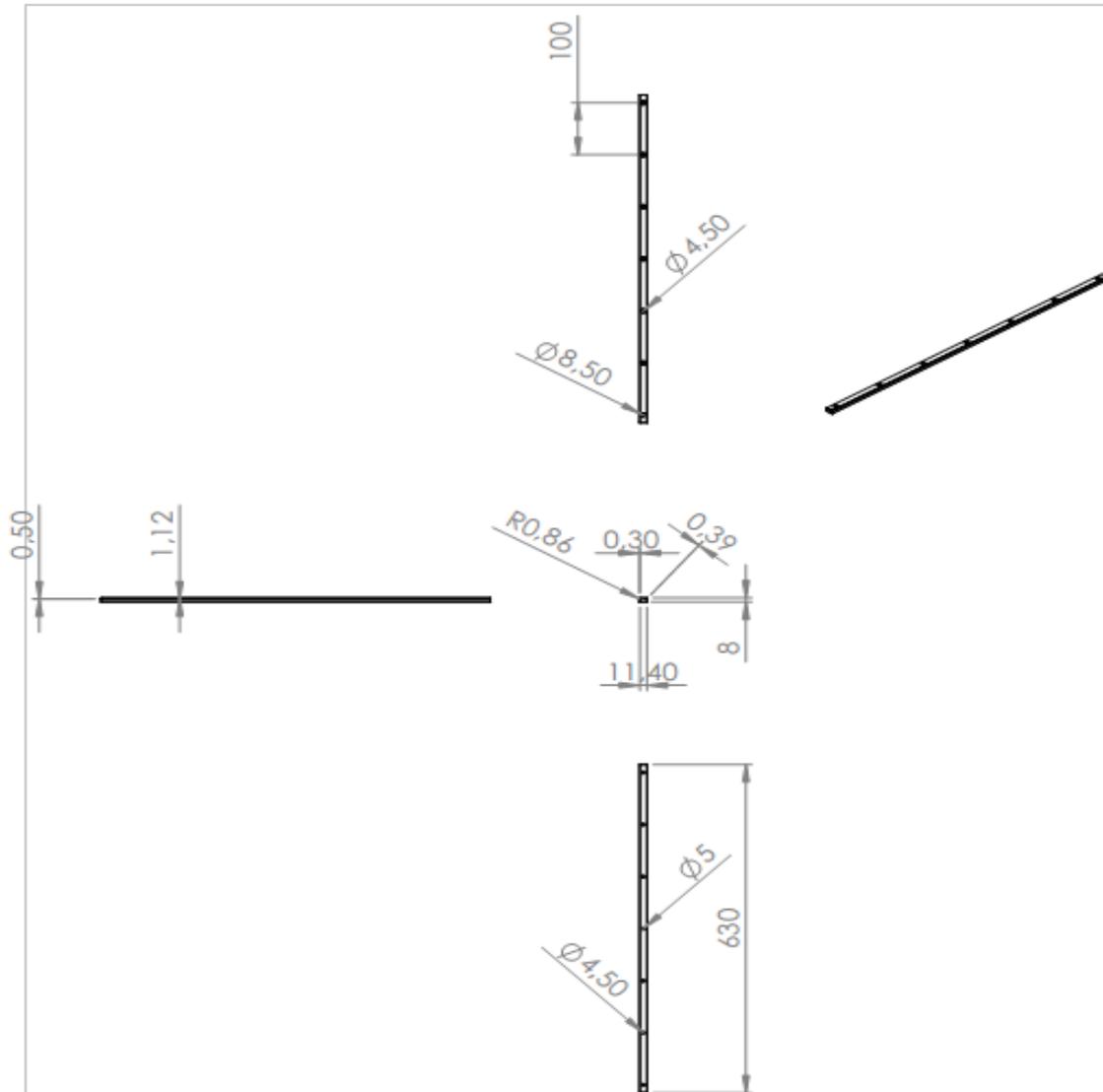
vis

Annexe 17: Dessin technique de l'écroue



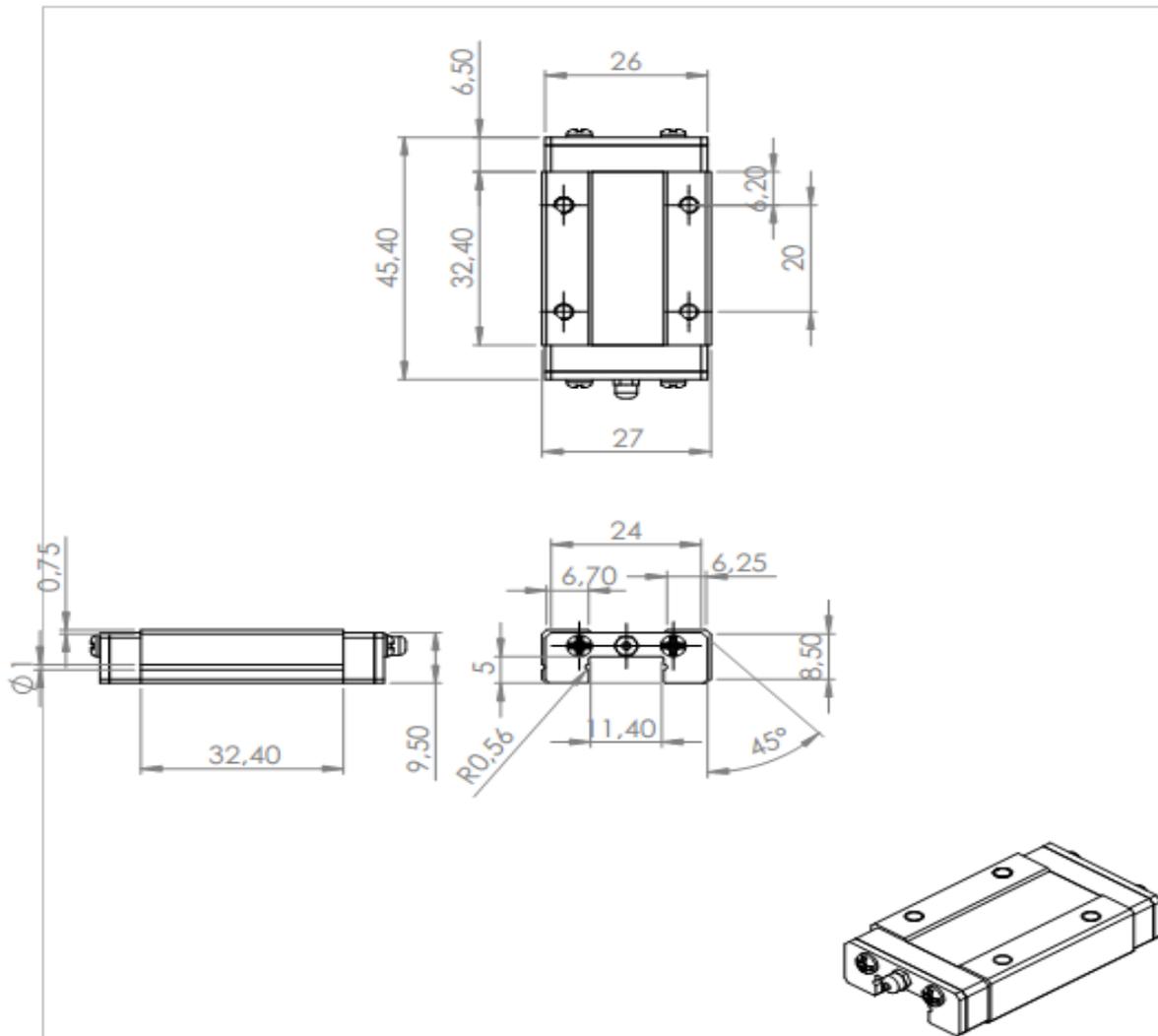
CONFIDENTIEL

Annexe 19: Dessin technique de la glissière



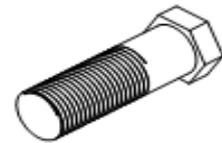
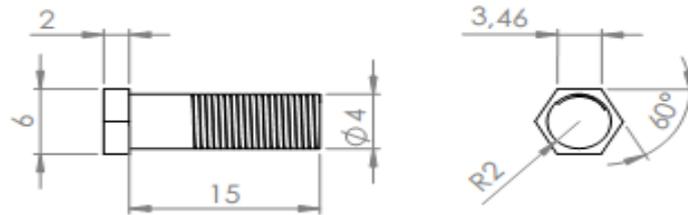
| | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|--|--------------------------|--|--------------------------|--|---|--|
| SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES: | | FINITION: | | CASSER LES ANGLES VES | | NE PAS CHANGER L'ECHELLE | | REVISION | |
| AUTEUR: | | SIGNATURE | | DATE | | TITRE: | | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: left;"> <p style="margin: 0;">Licence étudiante de SolidWorks n-olier</p> <p style="margin: 0;">Utilisation universitaire uniquement</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="margin: 0;">No. DE PLAN</p> <p style="margin: 0; font-size: 24px; font-weight: bold;">glissiere</p> <p style="margin: 0;">ECHELLE:1:10</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p style="margin: 0;">A4</p> <p style="margin: 0; font-size: 8px;">FEUILLE 1 SUR 1</p> </div> </div> | |
| VERIF.: | | MATERIAU: | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | | |
| APPE.: | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | | |
| FAB.: | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | | |
| QUAL.: | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | | No. DE PLAN | |

Annexe 20: Dessin technique de la plaque glissante



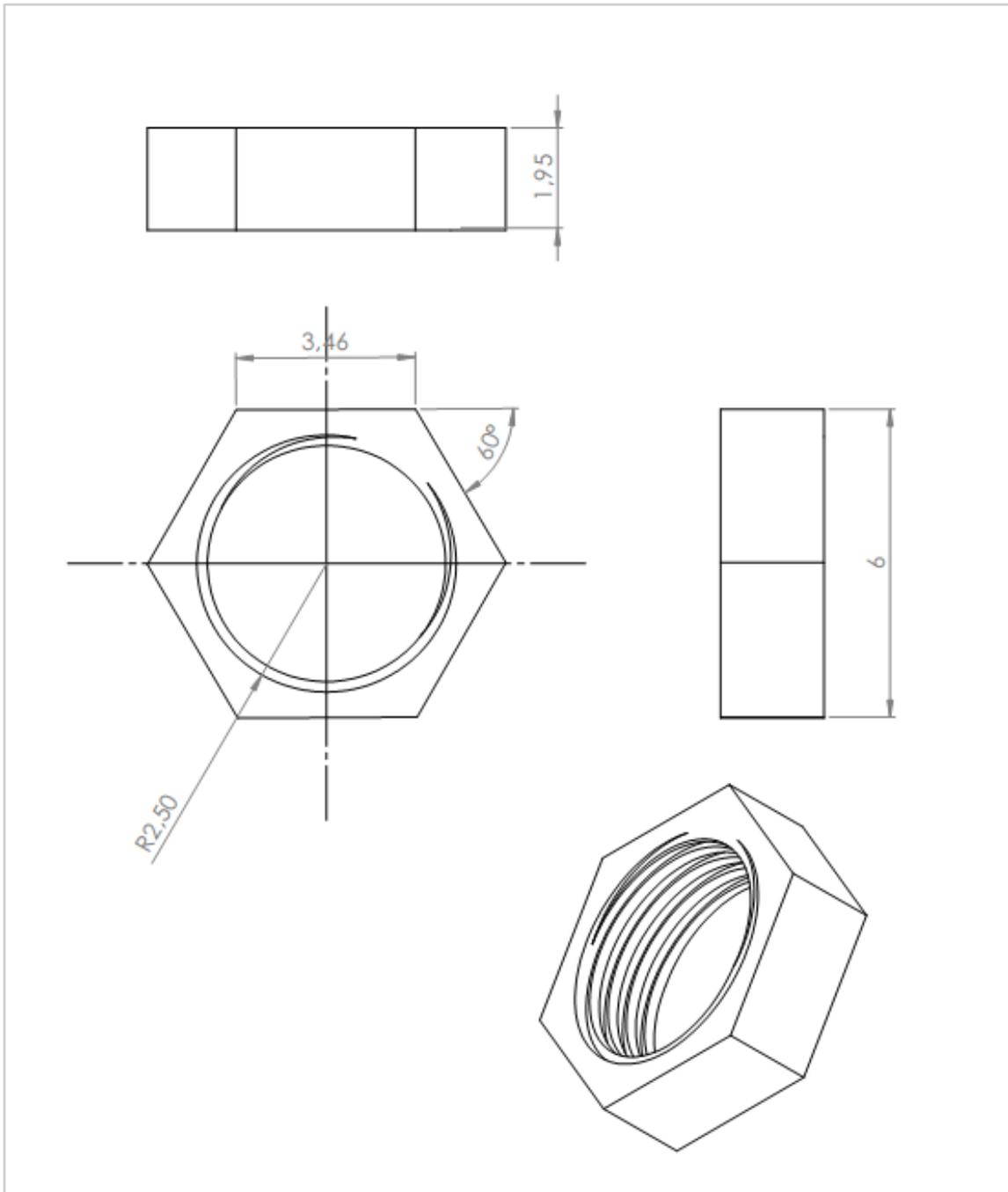
| | | | | | | | | | |
|--|-----|-----------|------|------------------------|--|---|--|-----------------|--|
| SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES | | FINITION: | | CASSER LES ANGLES Vifs | | NE PAS CHANGER L'ECHELLE | | REVISION | |
| ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES: | | | | | | | | | |
| AUTEUR | NOM | SIGNATURE | DATE | | | TITRE: | | | |
| VERIF. | | | | | | No. DE PLAN Plaque glissante A4 | | | |
| APPE. | | | | | | | | | |
| FAB. | | | | | | | | | |
| QUAL. | | | | MATERIAU: | | ECHELLE: 1:1 | | FEUILLE 1 SUR 1 | |
| Licence étudiante de SolidWorks | | | | | | | | | |
| Utilisation universitaire uniquement | | | | | | | | | |

Annexe 21: Dessin technique de vis D5



| | | | | | | | | | |
|---|-----|-----------|------|------------------------------------|--|--------------------------|--|-----------------|--|
| SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES | | FINITION: | | CASSER LES ANGLES VIFS | | NE PAS CHANGER L'ECHELLE | | REVISION | |
| TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES: | | | | | | | | | |
| AUTEUR | NOM | SIGNATURE | DATE | | | Vis D5 | | | |
| VERIF. | | | | | | | | | |
| APPE. | | | | | | | | | |
| FAB. | | | | | | | | | |
| QUAL. | | | | MATERIAU: Acier de construction | | Vis D5 | | A4 | |
| | | | | MASSE: | | Echelle: 2:1 | | FEUILLE 1 SUR 1 | |

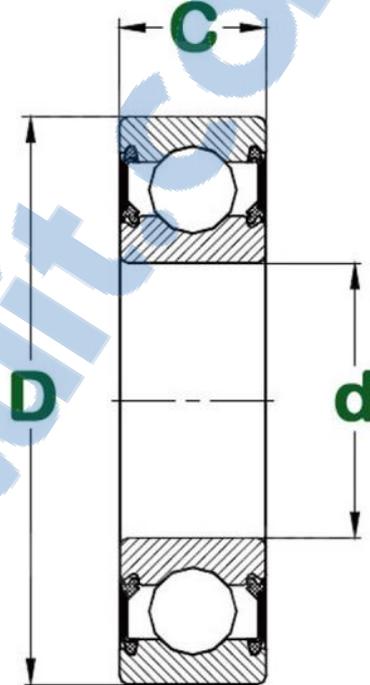
Annexe 22: Dessin technique de l'écrou D5



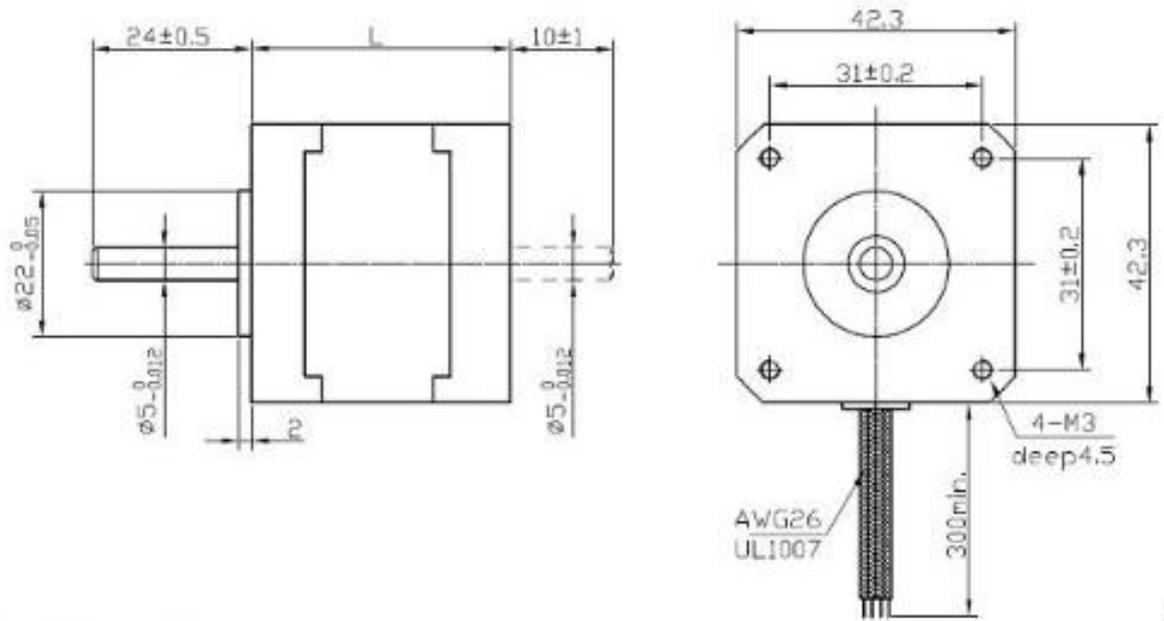
| | | | | | | | | | |
|---|-----|-----------|------|------------------------------------|--|--------------------------|--|-----------------|--|
| SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: | | FINITION: | | CASSER LES ANGLES VPS | | NE PAS CHANGER L'ECHELLE | | REVISION | |
| TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES: | | | | | | | | | |
| AUTEUR | NOM | SIGNATURE | DATE | | | TITRE: | | | |
| VERIF. | | | | | | No. DE PLAN | | | |
| APPR. | | | | | | | | | |
| FAB. | | | | | | | | | |
| QUAL. | | | | | | | | | |
| | | | | MATERIAU: Acier de construction | | Echelle: 10:1 | | FEUILLE 1 SUR 1 | |
| | | | | | | Ecrou D5 | | A4 | |

Annexe 23: Fiche technique du roulement à bille de type 6202-2RS-14-C3

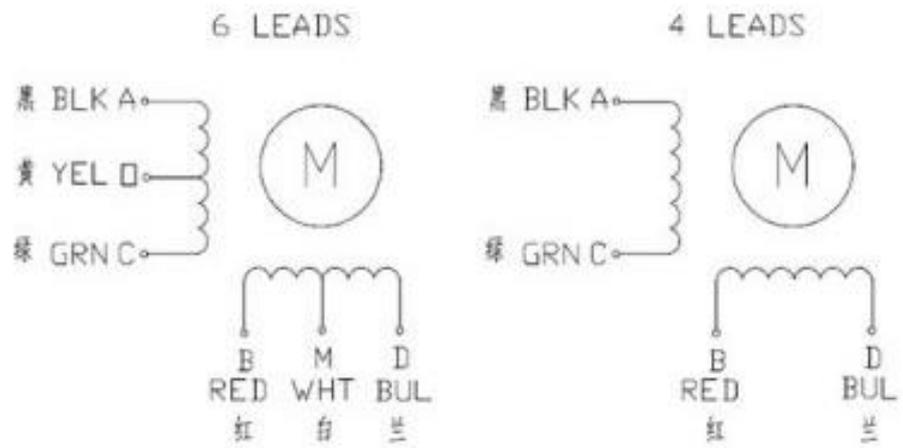
- Marque du roulement **Générique haute qualité**
- Type du roulement **1 rangée de billes**
- Jeu **C3 : haute vitesse**
- Type de cage **Acier**
- **d** - Diamètre intérieur (mm) **14**
- **D** - Diamètre extérieur (mm) **35**
- **C** - Epaisseur (mm) **11**
- Type d'étanchéité **2RS (étanche à l'eau des 2 côtés du roulement)**
- Roulement série **6200**



Annexe 24: Fiche technique du Moteur pas à pas de type JK42HS40-1704-13A



Wiring Diagram:->



Annexe 25: Fiche technique du coupleur MD-25C

19/5/2016



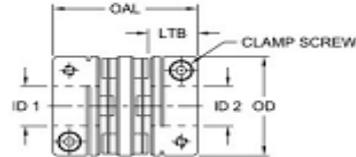
Motion Control MD Series Performance / Dimensional Data

MD Series - Mini Disc Clamp Style Coupling

The MD (mini disc) Series coupling features a higher torque capacity over elastomeric coupling types. The MD Series one piece clamping design allows for easy removal and assembly. The Aluminum hubs and stainless steel disc materials allow for excellent resistance to oil and other chemicals. The MD Series design offers moderate torsional stiffness for applications requiring repeatability. The MD Series also offers up to .020 inches of axial misalignment.

Features

- Zero backlash design
- Moderate torsional stiffness
- Aluminum hubs with stainless steel discs
- Moderate-high torque capabilities



MC

MD Series Performance Data

| Size | Torque Nominal in-lbs* | Torsional Stiffness in-lb/rad* | Max RPM | Weight* | | Moment of Inertia* lb-in ² | Misalignment | | |
|--------|------------------------------|--------------------------------------|------------|---------|-----|---|--------------|----------------|-------------|
| | | | | oz | g | | Angular | Parallel in | Axial in |
| MD-19C | 5 | 1,770 | 10,000 | 0.635 | 18 | 0.003 | 1.5° | 0.005 | ± 0.20 |
| MD-25C | 9 | 3,963 | 8,000 | 0.862 | 25 | 0.009 | 1.5° | 0.005 | ± 0.20 |
| MD-32C | 22 | 9,735 | 6,000 | 2.116 | 60 | 0.033 | 1.5° | 0.005 | ± 0.20 |
| MD-40C | 31 | 12,390 | 5,000 | 3.527 | 100 | 0.065 | 1.5° | 0.005 | ± 0.20 |
| MD-50C | 80 | 19,470 | 4,000 | 7.408 | 210 | 0.028 | 1.5° | 0.005 | ± 0.20 |
| MD-63C | 111 | 26,550 | 3,000 | 11.993 | 340 | 0.718 | 1.5° | 0.005 | ± 0.20 |

Notes: ■ * indicates: Nominal torque, torsional stiffness, weight and moment of inertia are based on minimum bore size.
■ Specify Bore sizes ID1 and ID2 when ordering.

MD Series Dimensional Data

| Size | OAL | | LTB | | ID1 - ID2 | | | | OD | | Clamp Screw Size |
|--------|-------|----|-------|----|-----------|----|----------|----|-------|----|------------------|
| | in | mm | in | mm | Min Bore | | Max Bore | | in | mm | |
| | | | | | in | mm | in | mm | | | |
| MD-19C | 1.063 | 27 | 0.315 | 8 | 0.157 | 4 | 0.315 | 8 | 0.748 | 19 | M2 |
| MD-25C | 1.220 | 31 | 0.394 | 10 | 0.236 | 6 | 0.472 | 12 | 0.984 | 25 | M2.5 |
| MD-32C | 1.575 | 40 | 0.472 | 12 | 0.315 | 8 | 0.591 | 15 | 1.260 | 32 | M3 |
| MD-40C | 1.732 | 44 | 0.551 | 14 | 0.315 | 8 | 0.787 | 20 | 1.575 | 40 | M4 |
| MD-50C | 2.244 | 57 | 0.709 | 18 | 0.551 | 14 | 0.984 | 25 | 1.969 | 50 | M5 |
| MD-63C | 2.402 | 61 | 0.787 | 20 | 0.591 | 15 | 1.181 | 30 | 2.480 | 63 | M6 |

MC-14

106

630-852-0500

Annexe 26: Caractéristiques et dessin technique du capteur poussoir Ref 835810

Références

| Type | Particularités | Fonction |
|--|----------------|---------------|
| 83 581 0 Poussoir en bout télescopique | Standard | I (Inverseur) |

Caractéristiques

| | |
|---------------------------------------|--|
| Conformité aux normes | NFC 20030 classe II |
| Degré de protection suivant CEI 60529 | Enveloppe extérieure : IP57 Elément de contact : IP67 |

Caractéristiques électriques

| | |
|--|--|
| Courant assigné d'emploi (Ie) | Standard : 8 A - 250 VAC Bi-niveau : 0,1 A - 250 VAC |
| Endurance électrique - Standard (cycles) | 8 A - 250 VAC : 40000 5 A - 250 VAC : 100000 |
| Endurance électrique - Bi-Niveau | Cette version est conçue pour fonctionner indifféremment sur des circuits bi-niveau (1 mA 4 V minimum) ou moyenne intensité (5A). Cependant, un produit donné ne doit commuter qu'un seul et même type de circuit pendant toute son utilisation. |

Connexions

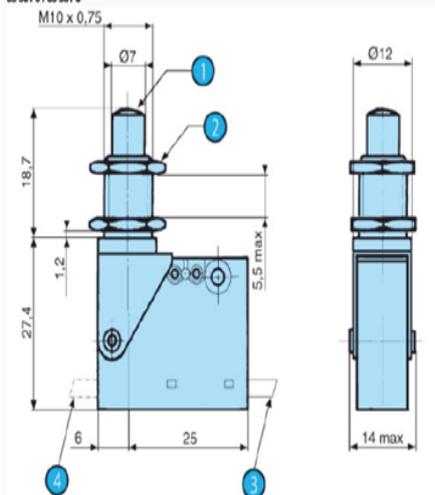
| | |
|-----------|--|
| Connexion | Fils souple : PVC 3x1mm ² - Longueur 0,50m - Ø ext. 2mm (à droite ou à gauche) Câble : 3x0,75mm ² - Longueur 0,50m - Ø ext. 5mm (à gauche uniquement) |
|-----------|--|

Caractéristiques mécaniques

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| Force de commande minimum (N) | 5 |
| Force de course totale minimum (N) | 20 |
| Course différentielle (mm) | 1 |
| Course travail minimum mm | 2,5 |
| Course totale maximum (mm) | 5 |
| Durabilité mécanique (cycles) | 10 ⁵ |
| Température d'emploi (°C) | -20 → +85 |
| Masse (g) | 40 |

Produit

83 581 0 / 83 581 8



| N° | Légende |
|----|---------------------------------|
| 1 | R10 sphérique |
| 2 | Ecrous 14 sur plats Epaisseur 2 |
| 3 | Sortie droite |
| 4 | Sortie gauche |